

Management course for civil engineers

Introduction

ما هو المشروع؟

هي مهمة مُحددة مطلوب من المهندس إنجازها مع الأخذ في الاعتبار :

1- COST - التكلفة

2- TIME - الوقت

3- QUALITY - الجودة

وبالتالي المطلوب هو إنجاز المشروع بأقصر وقت مع التكلفة المناسبة بالجودة المطلوبة و بالتالي يجب أخذ الثلاث أمور في الاعتبار.

- المشروع يبدأ بدراسة الجدوى و هي التي من خلالها يتم التحقق من مدى الإفادة من إتمام المشروع و هل يُحقق الإفادة المالية المطلوبة أم من الأفضل وضع المال في البنك أو المشاركة في مشروع آخر ، و بالتالي هي التي يتحدد من خلالها هل سيتم البدء في تنفيذ المشروع أم لا .

- ▶ يبدأ المشروع بالنسبة للمقاول بمجرد توقيع العقد ، و يستمر المشروع (تحت الإنشاء) بحيث يتسلم المالك المبنى تسليم ابتدائي و يستمر تحت إشراف المقاول لمدة سنة ، و سيكون المقاول مسئول عن أي عيوب أو مشاكل تظهر بالمنشأ حتى يتسلمه المالك تسليمًا نهائيًا .
- ▶ يتحوّل المبنى بالنسبة للمالك من مرحلة التنفيذ إلى مرحلة التشغيل ، و تستمر مرحلة التشغيل طوال عُمر المبنى أي حتى إنتهاء العُمر الافتراضي له
- ▶ - يتم تعريف العُمر الافتراضي للمبنى عن طريق المُعادلة التالية :

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Annual benefit}}{\text{Cost}} \geq 1$$

- ▶ - و ينتهي المشروع بالنسبة للمالك مع نهاية العُمر الافتراضي للمبنى .

▶ Project Manager :

هو المسئول الأكبر عن المشروع و هو مُمثل المالك .

Project resources :

1- Material 2- Labors 3- Equipment 4- Sub Contractor 5-Money 6- Time

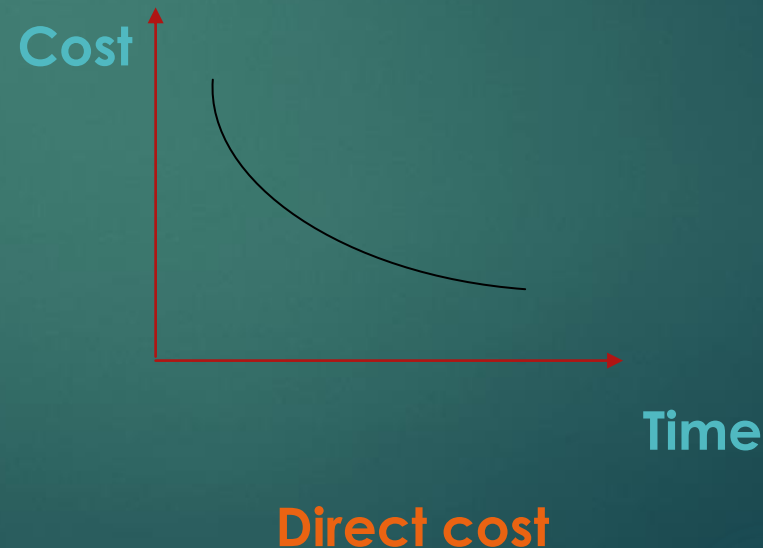
► * Types of cost

► 1-Direct cost – التكلفة المباشرة :

- - هي أي مصاريف تُنفق على المشروع و يُمكن وضعها في بند من بنود المشروع مثل بند النجارة و التسليح .

► 2- Indirect cost – التكلفة غير المباشرة :

- - هي أي مصاريف تُنفق على المشروع ولا يُمكن وضعها في بند من بنود المشروع مثل الضريبة و التأمين و المُخاطرة .



► Price & Cost

5

► * Price :

► و هي السعر الشامل التكلفة مع الأرباح و هو المبلغ الذي يطلبه المقاول من المالك .

► * Cost :

► و هو التكلفة الكلية لإتمام المنشأ دون إضافة الأرباح ، و يقوم المقاول بإضافة أرباحه إلى هذه التكلفة و يطلب من المقاول المبلغ بما فيه الأرباح ولا يُبلغ المالك عن التكلفة لكن يطلب منه السعر مباشرة .

► Price = Cost + Markup

► $12 = 10 + 2$

18% Profit

2% Risk

و هي المُخاطرة التي يأخذها المقاول في حساباته نتيجة إرتفاع أسعار مواد البناء أثناء تنفيذ المشروع ، و بالتالي إذا حدثت أي زيادة لمواد البناء يتسطيع الدفع منها .

▶ * Quality control

- ▶ و هو إختبار للمنتج النهائي هل تم بالصورة التي تم التصميم عليها أم لا .

▶ * Quality assurance

- ▶ و ذلك عن طريق مراقبة خط الإنتاج و بالتالي الهدف منها تحسين الجودة .

- المواصفات العامة هي التي تضعها الدولة .

- المواصفات الخاصة هي التي يضعها المهندس لمشروع مُعين .

- إذا تعارضت المواصفات العامة مع الخاصة يتم تنفيذ المواصفات الخاصة .

▶ Management elements :

▶ 1- Planning & scheduling

2- Organization

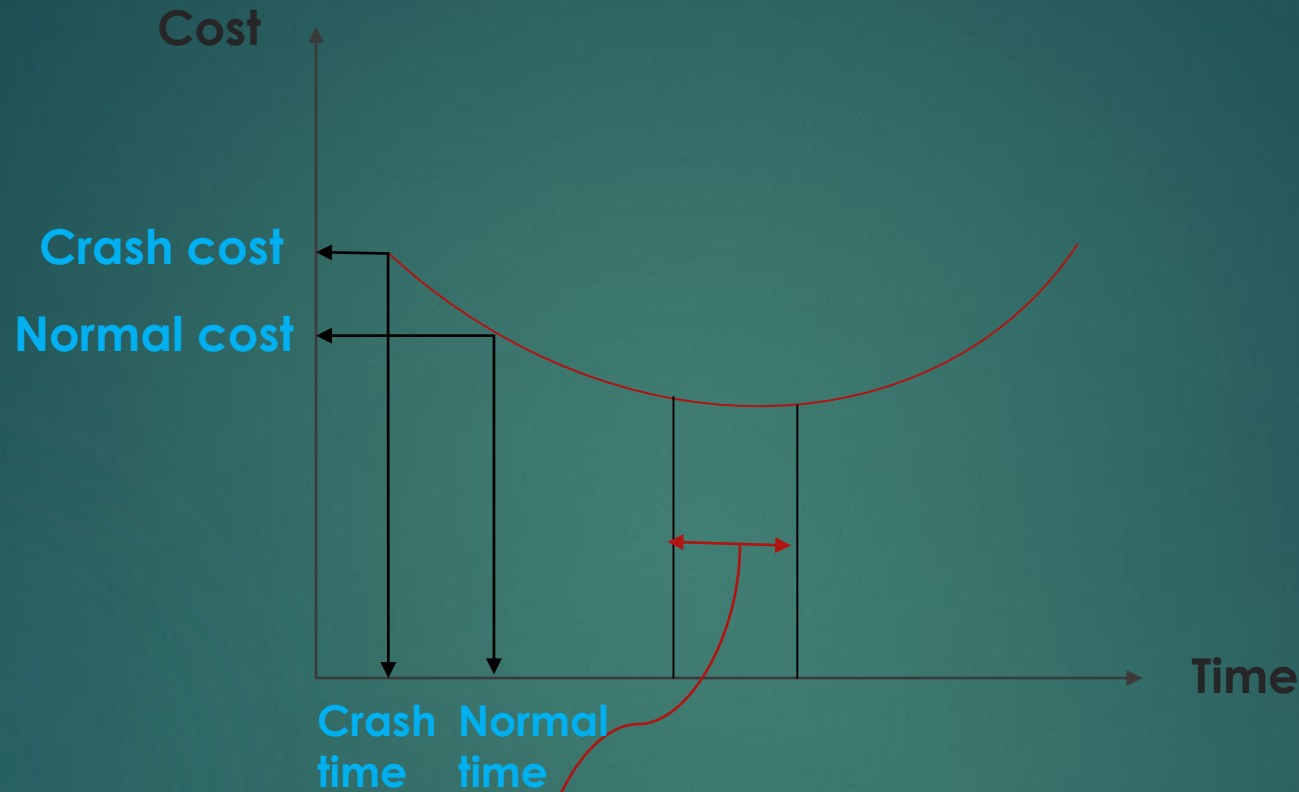
▶ 3- Directing

4- Control – in the site -

و يتم فيها وضع وصف لوظيفة
كل فرد بالمشروع و
الصلاحيات و المسؤوليات

► Stages of construction project :

7

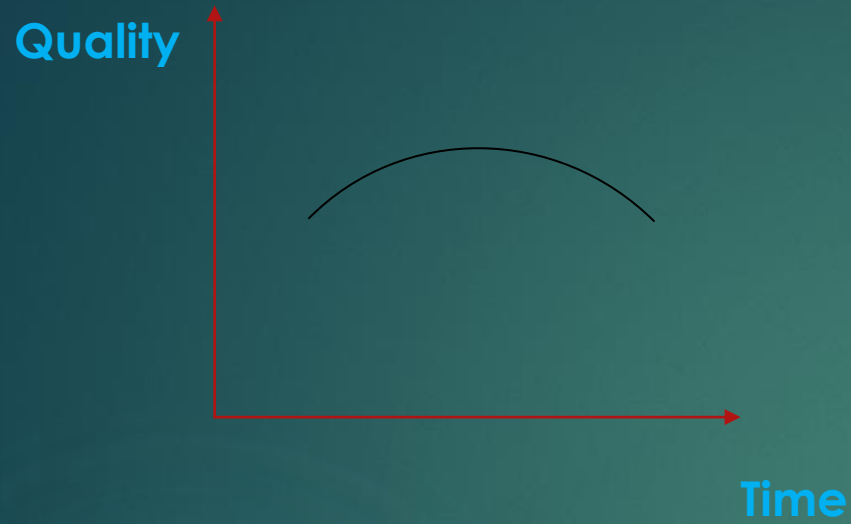


في حالة إنهاء المشروع في الوقت العادي دون ضغط العمل تكون التكلفة عادية دون زيادة ، أما في حالة الرغبة في الإسراع من إنهاء المشروع سريعًا تزداد التكلفة بحيث يقل عندها زمن إنهاء المشروع و لكن بتكلفة أكبر .

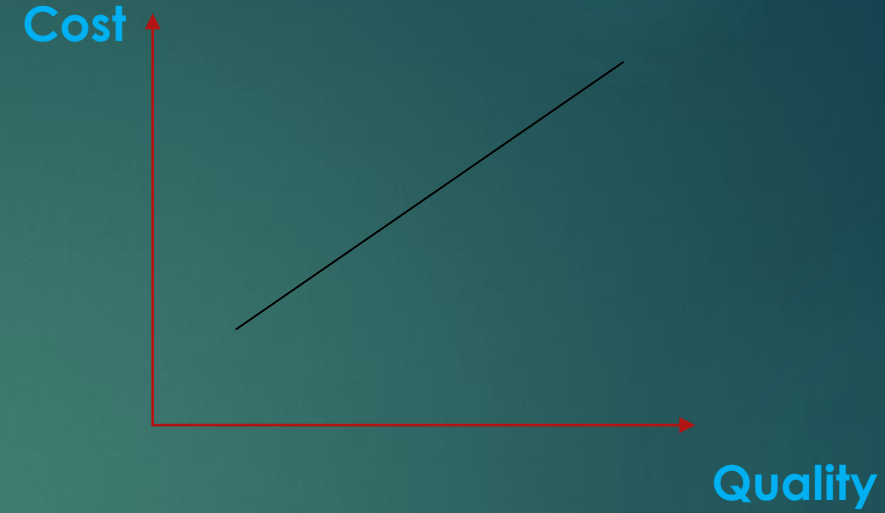
أحتاج لتحقيقها زيادة
ساعات العمل و زيادة
العمالة و العمل في
الأجازات

Optimum time

(و هي الفترة الزمنية التي أحقق خلالها أقل تكلفة)



كُلما زاد الوقت المُتاح للتنفيذ تزداد الجودة حتى حد مُعيّن بعدها يكون هُناك وقت كثير دون فائدة يُسبب تلف الجودة و بالتالي يجب تحديد الوقت المُناسب مع تحقيق أعلى جودة



كُلما زادت التكلفة تزداد الجودة .

- لو أعطيت الفرد في المشروع مسؤوليات كثيرة و صلاحيات قليلة يستقيل
- لو أعطيت الفرد في المشروع مسؤوليات قليلة و صلاحيات كثيرة يتلف المشروع

*Owner – المالك

هو الجهة التي تُنفق على المشروع .

*Contractor – المُنفذ

هو الجهة التي تُنفذ المشروع .

- أول مرحلة من مراحل المشروع يبحث المالك عن مهندسين لعمل دراسة جدوى و هي :

مجموعة من الدراسات يتم هملها في فترات تصل لسته أشهر و تتكلف مبلغ مُعين للتأكد من فاعلية و فائدة المشروع من تحقيق أرباح جيدة في المُستقبل تُشجع على تنفيذ المشروع ، فإذا اتضح جدوى المشروع يتم البدء في تصميم المشروع .

- مراحل دراسة الجدوى :

- 1- Technical
- 2- Economical
- 3- Marketing & environmental
- 4- Legal

و يتم فيها دراسة النواحي القانونية و التي من المُمكن أن تكون عائق أمام تنفيذ المشروع
 مثلما حدث لإحدى الشركات الكبرى حيث اشترت قطعة أرض عليها مبنى قديم لهدمه و بناء فُنْدُق و لكن نتيجة لعدم دراسة
 النواحي القانونية قبل الشراء تم رفض بناء الفندق نتيجة لوجوده بجانب منطقة سفارات فاضطرت الشركة لترميم المبنى دون
 هدمه .

▶ *Annual cost : A

▶ و هي التكلفة السنوية و التي قد تكون على هيئة قسط سنوي .

▶ *Present value of money : P

▶ و هي الأموال التي أدفعها أو أقترضها في الوقت الحالي .

▶ *Future value of money : F

▶ و هي قيمة الاموال التي ستكون في المستقبل .

▶ *Annual interest rate : i

▶ و هو مُعدّل الفائدة السنوية .

▶ $M.A.R.R ((\text{Most attractive rate of return})) = i_b + F + i_b * F = \%21$

▶ و هو أقل عائد جذاب و الذي يُشجّع المالك على تنفيذه .

↓
أرباح البنك
في السنة
%10

↓
التضخم
و يُقدر بنسبة
%10

$$F_n = P(1+i)^n$$

$$F_1 = P(1+i)^1 \text{ بعد سنة}$$

$$F_2 = P(1+i)^2 \text{ بعد سنتين}$$

n: عدد السنوات

i: نسبة الأرباح

$$\text{▶ } P = A \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)} \right)$$

$$\text{▶ } F = A \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right)$$

▶ n

$$\text{▶ } F_n = P(1+i)$$

▶ *** Number of years : n**

▶ الفترة الزمنية لاسترداد رأس المال .

Interest

Simple

The interest received or paid based only on the amount of money that was initially .

أي أن الأرباح المُعطاه تكون على القيمة المودعة الأولى ، ولا تتغير قيمة الأرباح من سنة لأخرى

If P = 100 \$ & i= 10%
F after 1 year =110\$
F after 2 year =120\$
F after 3 year =130\$

Compound

The interest earned on the initial investment on the interest earned on previous periods .

أي أن الأرباح المُعطاه كُل سنة تكون تراكمية و بالتالي مع كل سنة تزداد الأرباح عن السنة التي قبلها

If P = 100 \$ & i= 10%
F after 1 year =110\$
F after 2 year =121\$
F after 3 year =133.1\$

► Examples :

EX 1 :

- If we want 8000 \$ in your account 8 years from now to buy a new machine , how much money will you have to deposit every year starting one year from now if the interested rate is 9% per years ?

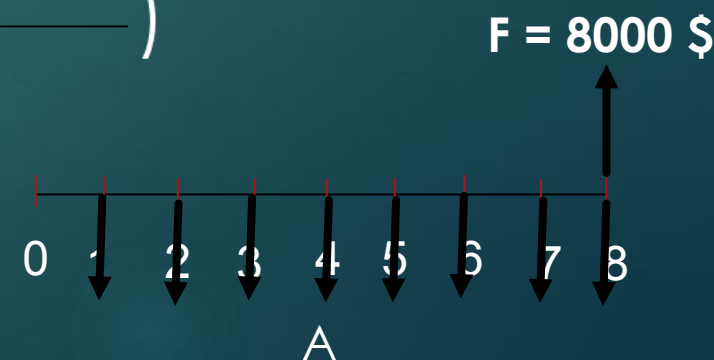
أولاً يجب تحديد المُعطيات و المجهول المطلوب حسابه و من ثمّ الدخول في المُعادلة المناسبة لحساب المجهول .
نجد أنه طلب حساب قيمة القسط السنوي المطلوب دفعه ليكون لديه \$8000 في حسابه بعد 8 سنوات بعائد سنوي 9% .

GIVEN : N = 8 YEARS , F = 8000 \$, I = 9%

REQUIRED TO GET A ?

$$F = A \left(\frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right) \quad \longrightarrow \quad 8000 = A \left(\frac{(1 + 0.09)^8 - 1}{0.09} \right)$$

A = 725.39 \$ / YEAR



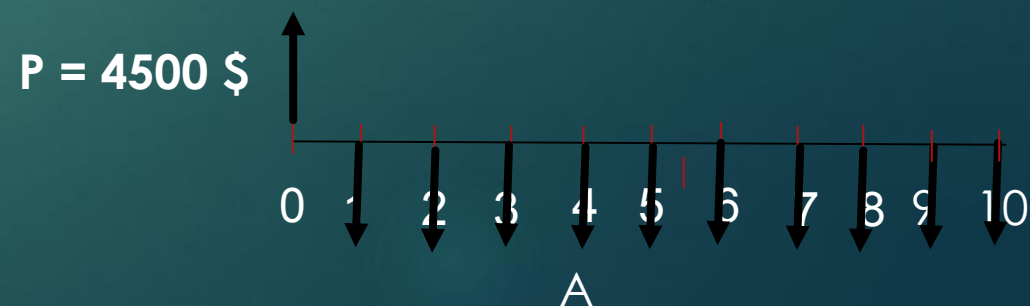
- ▶ Ex 2 :
- ▶ If you borrow 4500 \$ with a promise to make 10 equal annual payments starting 1 year from now , how much money would your payments be if the interest rate was 20% per year ?
- ▶ يلاحظ هنا أن الشخص أستخدم مبلغ 4500 \$ مع وعد بسداد أقساط متساوية لمدة 10 سنوات مع وضع نسبة أرباح 20 % ، و المطلوب حساب قيمة هذا القسط الدفوع كل سنة .

▶ Given : $P = 4500\$$, $i = 20\%$, $n=10$ years

▶ Required to get A ?

$$P = A \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)} \right) \longrightarrow 4500 = A \left(\frac{(1+0.20)^{10} - 1}{0.20(1+0.20)} \right)$$

▶ $A = 1073.35 \$ / \text{Year}$



► Ex 3 :

- If an engineer can Save 600\$ per year from his job , how long will it take to save enough money to buy a 2500 \$ machine , if he can get 10% per year interest on his money ?

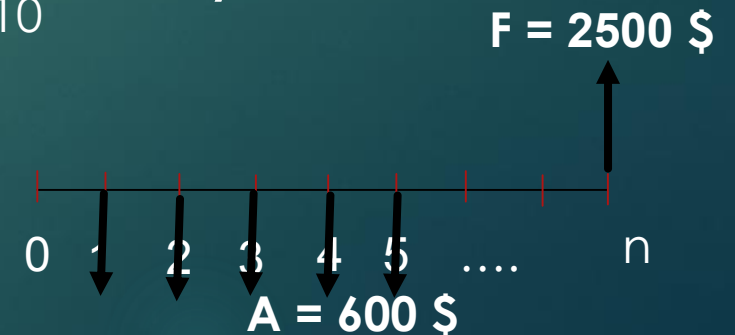
- يلاحظ هنا أن المهندس يستطيع تجميع 600 \$ في سنة من عمله ، فكم سنة يحتاج أن يجمع الأموال حتى يشتري ماكينة ثمنها 2500 \$ إذا كان سيحصل على 10% نسبة أرباح في السنة ؟

- Given : $A = 600\$$, $i = 10\%$, $F = 2500 \$$

- Required to get n ?

$$F = A \left(\frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right) \longrightarrow 2500 = 600 \left(\frac{(1 + 0.10)^n - 1}{0.10} \right)$$

- $n = 3.65$ Years



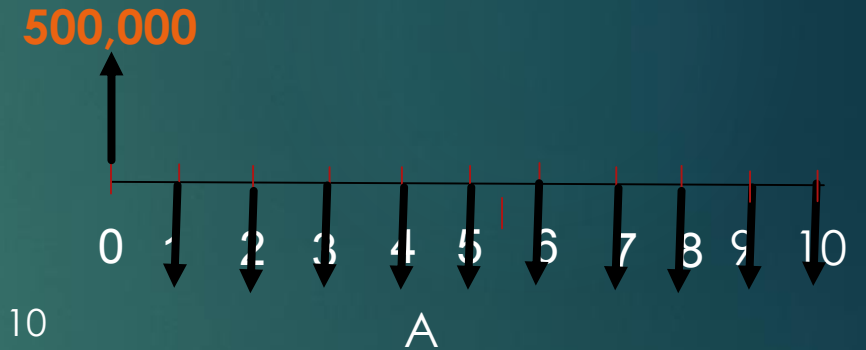
► Ex 4 :

- A Land is purchased for 500,000\$ to be repaid through 10 annual
- Payments with 12 % annual interested rate , after making 6 payments , the interested rate decrease to 10 % per year
- A- the reduction in the remaining 4 payments.
- B- the equivalent constant interested rate .

- فكرة المسألة أنه كان من المتفق عليه الحصول على مبلغ 500,000 الآن و سيدفعها على 10 أقساط متساوية بفائدة سنوية 12 % لكن بعد 6 سنوات قرر تخفيض نسبة الربح إلى 10 % فقط

► A- the reduction in the remaining 4 payments.

- أي مطلوب معرفة أنه بعدما تم تخفيض نسبة الربح سيتغير قيمة الربح ، فعندما قلّت نسبة الربح سيقبل بالتأكيد القسط عن المدفوع في أول 6 سنوات .
- ففي البداية نحسب كأنه سيدفع القسط لمدة 10 سنوات بنسبة الربح الـ 12 % لأنه لم يكن يعرف أنه سيحدث نقص في النسبة إلا مُستقبلاً بعد 6 سنوات ، و بالتالي في البداية كأن القسط لمدة 10 سنوات كاملة و بنسبة الربح 12 % فأعين قيمة القسط الواحد .



$$P = A \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)} \right) \longrightarrow 500,000 = A_1 \left(\frac{(1+0.12)^{10} - 1}{.12(1+.12)} \right)$$

$$A_1 = 88492 \$$$

هي مُستقبل Future بالنسبة لأول 6 سنوات لكنها حالي Present بالنسبة للـ 4 سنوات المتبقية .

- ▶ الآن سيتم التعامل مع الـ 4 سنوات المُتبقية بنسبة ربح 10 % فقط و سيتم إيجاد قيمة القسط الجديد
- ▶ بعدما تم تخفيض نسبة الربح من 12% إلى 10 % فقط ، فمن المتوقع أن تقل قيمة القسط .

$$F_6 = P_6 = 268781$$



$$P = A \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)} \right) \Rightarrow 268781 = A_2 \left(\frac{(1+0.1)^4 - 1}{0.1(1+0.1)} \right)$$

$$A_2 = 84792 \$$$

الآن سنطرح الفرق بين القسطين ...

$$\text{A-the reduction in the remaining 4 payments} = A_1 - A_2 = 88492 - 84792 = 3700 \$$$



مطلوب الآن بعدما مرّ 6 سنوات معرفة قيمة النقود و التي تعتبر نقود في المستقبل F_6 بالنسبة لأول 6 سنوات و و قيمة P_6 للـ 4 سنوات المتبقية التي سنُغير فيها نسبة الفائدة .

$$F_6 = P_6 = 500,000 (1+.12)^6 - 88492 \left(\frac{(1 + .12)^6 - 1}{.12} \right) = 268781 \$$$

طرح الأسمه العليا – الأسمه السفلى
خلال أول 6 سنوات

القيمة المُتبقية المفروض سدادها خلال الـ 4 سنوات المُتبقية
السنة 7 و 8 و 9 و 10
لكنها هنا أصبحت قيمة حالية و ليس مستقبلية
للمال ، لأنها في مرحلة من 6 إلى 10 سنوات
و هي تعتبر البداية لهذه المرحلة .

► B- the equivalent constant interested rate .

► مطلوب معرفة فائدة ثابتة أدفعها خلال الـ 10 سنوات

► ففي البداية نحتاج أن نعرف قيمة F_{10} بعد الـ 10 سنوات و ذلك باستخدام نسبة الفائدة 12 % خلال أول 6 سنوات و 10% خلال الـ 4 سنوات المتبقية .

$$F_{10} = F_1 \text{ at } t=6 + F_2 \text{ at } t=10 = 88492 \left(\frac{(1 + 0.12)^6 - 1}{0.12} \right) * (1 + 0.10)^4 + 84792 \left(\frac{(1 + 0.10)^4 - 1}{0.1} \right)$$

↓
لأول 6 سنوات

↓
لآخر 4 سنوات

ضربت هُنا في هذا القوس لأن
أول 6 سنوات تُعتبر
بالنسبة للـ 10 سنوات
فكأن القانون أصبح
Present $F = P(1+i)^n$

$$F_{10} = 1444933 \$ = 500,000 (1 + i_{\text{equivalent}})^{10}$$

➡ $i_{\text{equivalent}} = 11.2 \%$

► Elements of design :

- 1- Architectural design
- 2- Structural design
- 3- Detailed drawing
- 4- Specifications
- 5- Bill of quantities
- 6- Method statement
- 7- Time scheduling
- 8- Cost estimate
- 9- Value engineering
- 10- Risk management

Types of Tenders – أنواع المناقصات :

- 1- Open : وهي المناقصة العامة ، و يُعلن عنها في جريدة الأهرام وهي مفتوحة لجميع المقاولين للتقديم فيها
- 2- Selective : يكون المشروع ذو طبيعة خاصة ، فيطلب المالك بعض المقاولين فقط ثم ينتقي من بينهم و لكن التكلفة في هذه الحالة تزيد
- 3- Serial : و ذلك للمشروعات المُتكررة، حيث يتم طلب عمل مثلاً مدرسة نموذج أ فإذا نجح المقاول في إنشاءها بالشكل المطلوب يتم توقيع عقد لمشاريع جديد
- 4- Forced : و ذلك بالإسناد المُباشر أو أوامر التكلفة و ذلك في الحالات الآتية :

*إذا كان المشروع ذو تكتيك خاص

*إذا كان المقاول تابع لأعمال المالك ، و بالتالي فالمالك يسند إليه المشروع مباشرة

*للمشروعات السريّة مثل المطارات الحربية

*إذا كان المالك ليس لديه مال فيلجأ لمقاول يصبر عليه حتى يُسدد تكاليف المشروع

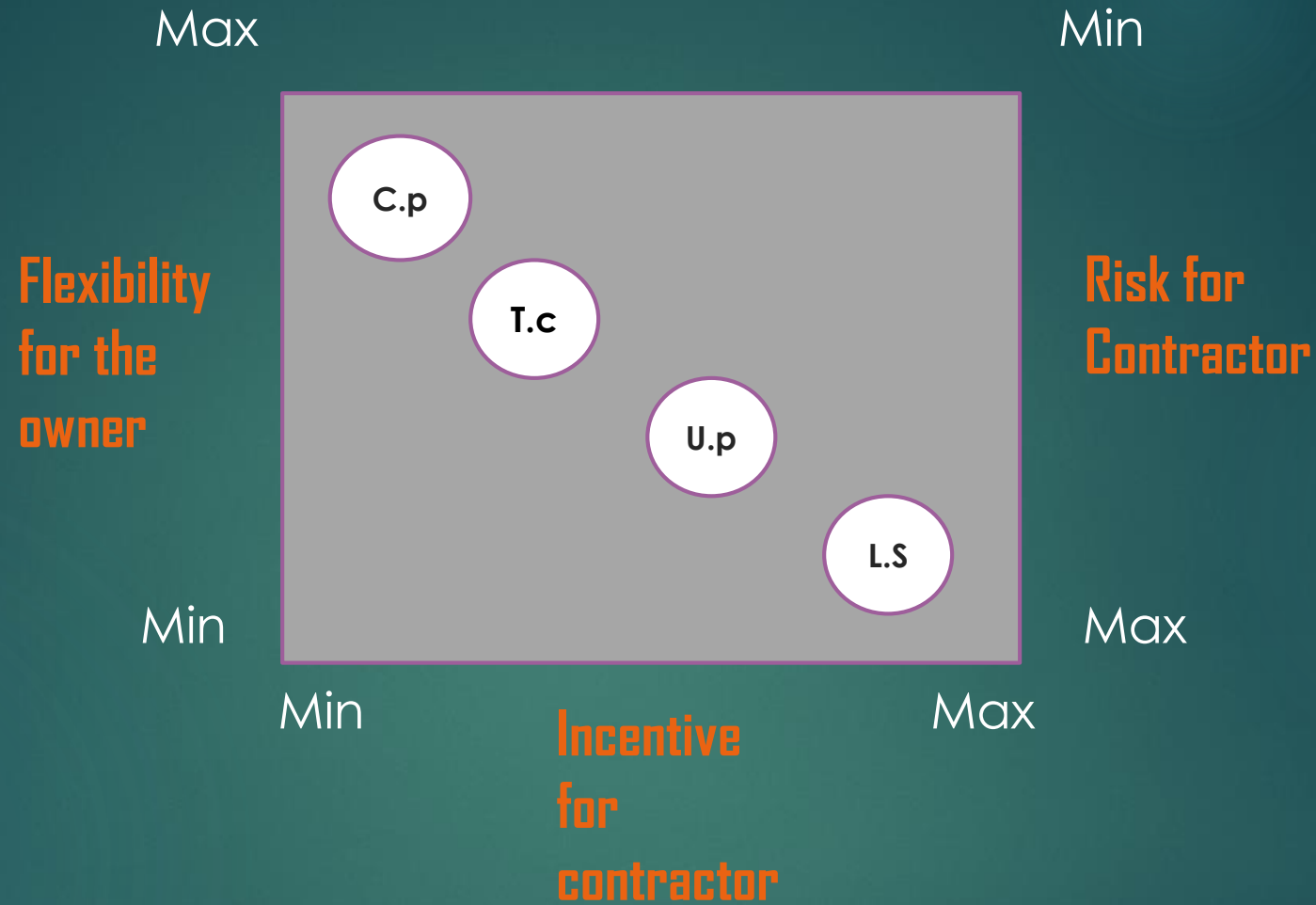
► Price & Cost :

21

Price

Cost

Lump-sum (L.S)	Unit price (U.P)	Cost Plus (C.P)	Target cost (T.C)
*المالك لن يكون له سماحية لتغيير أي أعمال في المشروع ، و إذا أراد إحداث تغيير ستكون التكلفة كبيرة . *لاستخدام هذا النوع يجب أن يكون التصميم كاملاً لتجنب إحداث أي تغيير .	*يُحاسب المالكُ المقاولَ على كل وحدة . *الثمن الكلي غير معروف بالنسبة للمالك ، لكن المعروف هو ثمن الوحدة . *يُلزم المقاول بعدم تغيير ثمن الوحدة إذا غيّر المالك في الكمية إذا كان هذا التغيير في حدود 25% . *أي Risk يتغير في الكميات يتحمّله المالك . *أي Risk يتغير في فرق أسعار المواد يتحمّله المقاول لأنه أتفق مع المالك مُسبقاً على سعر الوحدة .	*يلجأ إليه المالك إذا كان هناك العديد من التغيرات المتوقعة خلال تنفيذ المشروع . *المالك هو من يشتري المواد و يُعطي المقاول نسبة فقط . *يكون للمالك حرية كاملة لإحداث أي تغيير أثناء المشروع . *أي Risk يتغير يتحمّله المالك كاملاً .	*يضع المالك للمقاول سقفًا للتكلفة بحيث لا تزيد تكلفة المشروع عن رقم مُعين . *إذا زادت التكلفة عن السقف المُحدد يتحمّل المقاول 50% من الخسائر و كذلك في المكسب .



► Commissioning :

- يحتفظ المالك بجزء من مُستحقات المالك 5% كضمان لمدة سنة ، فإذا حدث خلال هذه الفترة أي مشكلة أو عيب ظهر في المشروع يكون المُقاول هو المسئول و يتحمل تكاليف إصلاح هذه المُشكلة ، و إذا لم يأتي يتم خصم مبلغ التصليح من الـ 5% المُستحقة للمقاول .

▶ Planning & Scheduling for ▶ Construction projects

▶ Work breakdown structure (W.B.S) :

هو تقسيم المشروع إلى مجموعة من الأعمال بحيث يمر المشروع على مراحل مُنتظمة حتى الوصول للصورة المطلوبة للمشروع.

Example :

مطلوب بناء مبني مُكوّن من دور أرضي و 3 أدوار مُتكررة ؟

تكون هُنا أول مرحلة مثلاً عمل جاسات للتربة ثم صب الأساسات ثم الدور الأرضي فالأول و الثاني و الثالث ، ثُمَّ بعد ذلك ندخل مرحلة جديدة مُتقدمة في المشروع مثل أعمال التشطيبات و هكذا حتى الوصول للصورة المُصمّم عليها المبنى .

1- Bar chart .

2- Precedence diagram .

3- Arrow diagram .

► Bar Chart

24

► -Important definitions :

► Activity :

- هو أي بند من بنود المشروع مثل ((بند النجارة – بند المحارة – بند البياض)) .

Critical activity :

هو البند الذي إذا تأخر يؤدي لتأخير المشروع .

Non critical activity :

هو البند الذي إذا تأخر لا يؤخر من المشروع .

Duration :

هي الفترة الزمنية التي يستغرقها إتمام البند .

Predecessor ((Depend on)) :

- أي أن هذا البند يعتمد على بند آخر و بالتالي لن يبدأ مثلاً إلا إذا أنتهى بند آخر
- فمثلاً أعمال المحارة لن تبدأ إلا بعد الإنتهاء من بناء الحوائط بالطوب الأحمر .

► Estimated cost :

- هي تكلفة البند ، و قد تكون هذه التكلفة خلال إسبوع أو شهر أو خلال المشروع كله حسب المُعطى .

► Resources :

هي موارد المشروع مثل عمالة – مواد بناء

► Example :

25

Activity	Duration	Predecessor *depend on*	Estimated cost per activity	Resources	
				N	Min
A	2	--	10,000	4	4
B	3	A	12,000	6	3
C	6	A	12,000	18	18
D	5	A	15,000	15	10
E	1	B,C	5,000	3	3
F	6	D,E	18,000	6	6

- 1- Draw the bar chart for this project .
- 2- Draw early time histogram .
- 3- Level the no. of crews to no more than 36 crews per week & histogram your solution .
- 4- Draw cash flow diagram ((cash in & cash out)) .in this project if the indirect cost is estimated as 1000 \$ per week & the profit margin = 10% & the periodic payments are received one month billing .

► Solution :

► 1- Draw the bar chart of the project .

- المطلوب هنا رسم علاقة بين و البنود لذلك يجب من الجدول السابق دراسة حالة كل بند متى سيبدأ و متى ينتهي و هل يعتمد على بنود أخرى أم لا ، لذلك سيتم تحليل الجالوقت دول السابق لكل بند .

► ACTIVITY A :

- مُعطى أن مدته أسبوعين و لا يعتمد على أي بند آخر لذلك هو بداية المشروع مثلاً قد يكون عمل الأساسات ، و تكلفته 10,000 جنيهه ،
و يحتاج من موارد المشروع و التي هي هنا أطقم عمل في العادي 4 و عند ضغط العمل أقل عدد ممكن من الأطقم هو 4 أيضاً .

► Activity B :

- مُعطى أن مدته 3 أسابيع و يعتمد على البند A أي أنه يجب أن ينتهي البند A أولاً حتى يُمكن البدء في البند B ، لذلك سيتم البدء في هذا البند من الأسبوع الثاني حتى الأسبوع الخامس .

► Activity C :

- مُعطى أن مدته 6 أسابيع و يعتمد على البند A أي أنه يجب أن ينتهي البند A أولاً حتى يُمكن البدء في البند C ، لذلك سيتم البدء في هذا البند من الأسبوع الثاني حتى الأسبوع الثامن .

► Activity D :

- مُعطى أن مدته 5 أسابيع و يعتمد على البند A أي أنه يجب أن ينتهي البند A أولاً حتى يُمكن البدء في البند D ، لذلك سيتم البدء في هذا البند من الأسبوع الثاني حتى الأسبوع السابع .

► Activity E :

- مُعطى أن مدته أسبوع واحد و يعتمد على البند B&C أي أنه يجب أن ينتهي البند B&C أولاً حتى يُمكن البدء في البند E ، و يُلاحظ أن البند B انتهى بعد 5 أسابيع أما البند C انتهى بعد 8 أسابيع ، لذلك سيتم البدء في هذا البند من الأسبوع الثامن حتى الأسبوع التاسع .

► Activity F :

- مُعطى أن مدته ستة أسابيع و يعتمد على البند D & E أي أنه يجب أن ينتهي البند D & E أولاً حتى يُمكن البدء في البند F ، و يُلاحظ أن البند D انتهى بعد 7 أسابيع أما البند E انتهى بعد 9 أسابيع ، لذلك سيتم البدء في هذا البند من الأسبوع التاسع حتى الأسبوع الخامس عشر .

► How to compare between Critical & Non critical activity ?

► Activity A :

نلاحظ أنه إذا تأخر سوف يؤخر من بدء البنود التي تعتمد عليه B,C&D لذلك يعتبر هذا البند Critical

► Activity B :

نلاحظ أن هذا البند يعتمد عليه البند E ، لكن البند E يعتمد على البند B & C و كما ذكرنا فإن البند C هو الذي ينتهي بعد الإِسبوع الثامن ، و بالتالي هناك سماحية لتحريك أو مد أو تأخير البند B بشرط أن ينتهي قأصى حد عند الإِسبوع الثامن الذي ينتهي عنده البند لذلك يُعتبر البند C ، لذلك فإن البند B يُعتبر بند Non critical

Activity C :

كما ذكرنا في البند السابق فإن البند C هو الذي يعتمد عليه البند E ، لذلك فإن البند C يُعتبر بند Critical

Activity D :

البند D يعتمد عليه البند F ، و لكن البند F يعتمد على كل من D & E لذلك لن يبدأ إلا إذا أنتهى البندين D & E معًا ، لذلك نجد أن البند E هو الذي ينتهي عند الإِسبوع التاسع ، لذلك يُعتبر البند D بند Non critical ، حيث يكون مسموح له بالحركة أو التمدد خلال الفترة من أسبوعين إلى 9 أسابيع أي حتى بداية البند F لأن البند F يعتمد عليه .

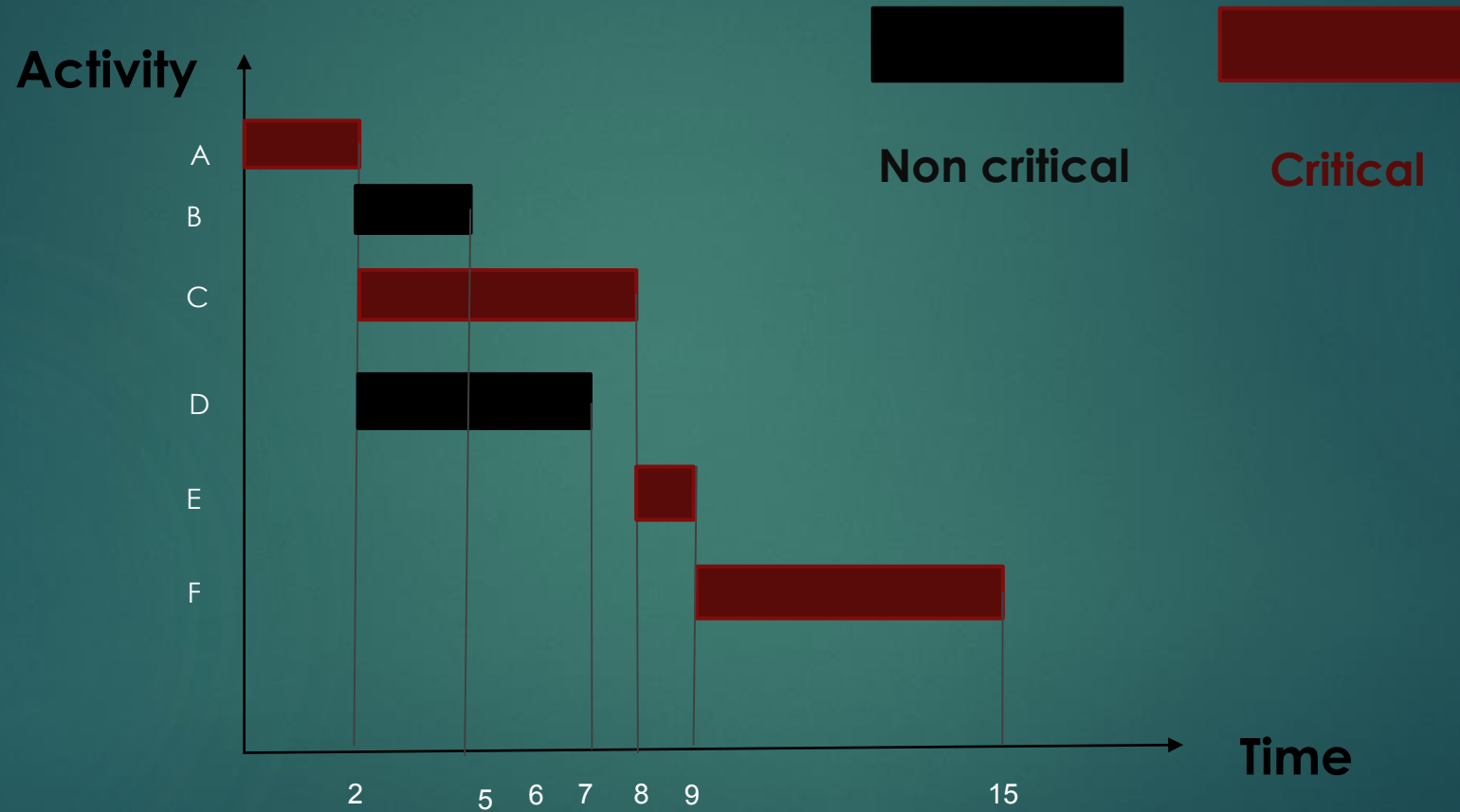
Activity E :

البند E يعتمد عليه البند F ، و بالتالي لن يبدأ البند F إلا إذا انتهى البند E ، لذلك أي تأخير في البند E مما يؤخر من بدء البند F مما يؤخر من زمن المشروع ، لذلك يُعتبر البند E بند Critical

► Activity F :

- البند F هو آخر بند في المشروع ، و بالتالي ليس هناك أي بنود بعده ، لذلك فإن أي تأخير في هذا البند يؤخر من المشروع ، لذلك يُعتبر البند F بند Critical

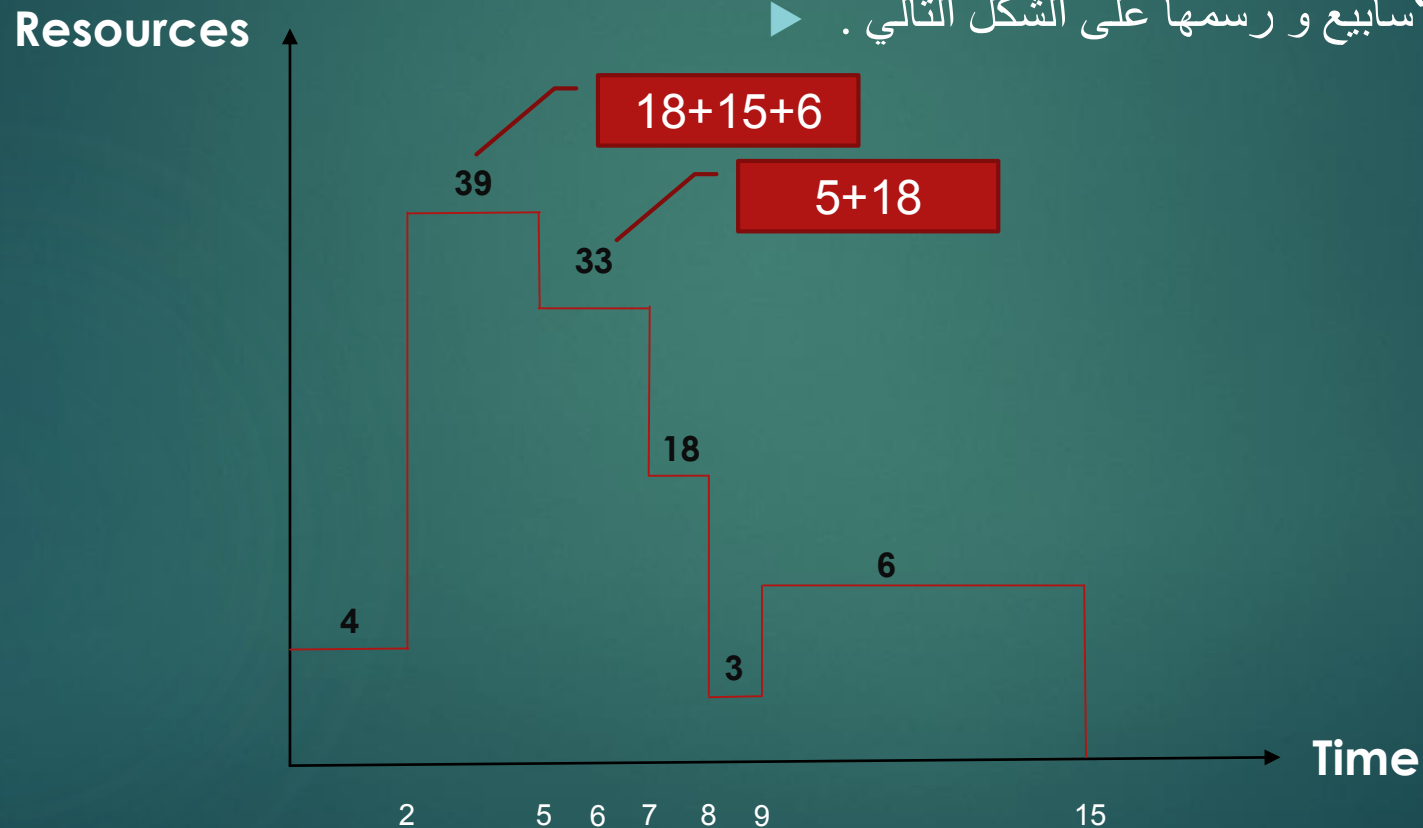
29



Bar chart

► 2- Draw Early time histogram :

- أي المطلوب رسم علاقة بين **Resources** و هي عدد أطقم العمال المطلوبة في كل إسبوع و الموجودة بالجدول بالرمز **N** و ذلك بتجميع عدد الأطقم المطلوبة لكل البنود التي تعمل في كل إسبوع .
- فمثلاً الإِسبوع الثالث نجد **B & C & D** يُنفذان معاً في الإِسبوع الثالث و يحتاجوا عدد أطقم عمل بمجموع $6+18+15=39$ طقم .
- و هكذا يتم حساب عدد الأطقم لكل الأسابيع و رسمها على الشكل التالي .



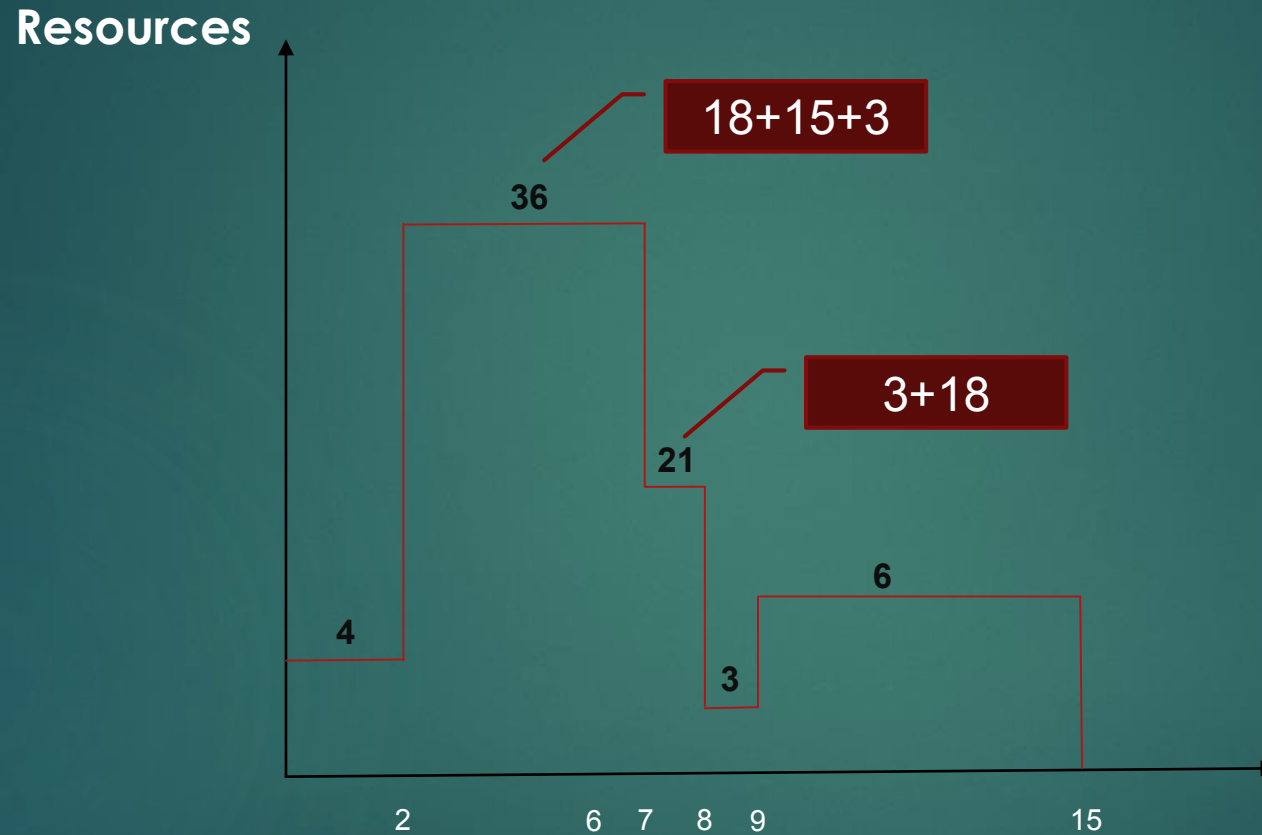
Early time histogram

► 3- Level the no. of crews to no more than 36 crews per week & histogram for your solution :

- المُعطى هنا أنا الشركة لن تستطيع أن توفر أكثر من 36 طقم عمل في أي أسبوع ، لذلك يجب عمل ما يُسمى بـ **Levelling** حتى أجعل عدد الأطقم لا يزيد عن 36 طقم في الأسبوع .
- المُشكلة موجودة في الفترات التي بها عدد الأطقم في الأسبوع أكثر من 36 ، و نلاحظ وجود هذه المُشكلة في الأسبوع الثاني و الثالث و الرابع و الخامس حيث أن عدد الأطقم المطلوبة بها 39 طقم أسبوعياً و هذا يزيد عن طاقة الشركة التي توفر 36 طقم عمل فقط
 - لذلك يجب إستغلال **Non critical activities** حيث أنها البنود القابلة للحركة و التأخير أو المدّ لأنها لا تؤثر على تأخر المشروع .
- فمثلاً البند B هو بند **Non critical** لذلك من الممكن أحرك هذا البند أو أمدّه مع الأخذ في الاعتبار أقل عدد أطقم من الممكن أن تتوافر في نفس الوقت
- فالبند B كما مُعطى في الجدول يُمكن أن يقل عدد الأطقم إلى 3 أطقم فقط في نفس الوقت ، و هذا البند مسموح له أن يتأخر أو يمتد حتى الأسبوع الثامن كما ذكرنا ، لذلك نُجرب أن نستخدم 3 أطقم عمل فقط لمدة 6 أيام و بالتالي العدد الكلي للأطقم ظلّ كما هو 18 طقم ، كُل ما حدث أن عدد الأطقم قلّ من 6 إلى 3 فقط و بالتالي زادت فترة العمل لمدة 6 أسابيع بدلاً من 3 أسابيع لكن في النهاية ظلّ المجموع ثابت و هو 18 طقم ، و هذا التعديل ساعد على تقليل عدد أطقم العمل إلى 36 في الفترة التي كانت بها المُشكلة في الأسبوع الثاني و الثالث و الرابع و الخامس ، و المطلوب الآن رسم **Histogram** بعد هذا التعديل .
- لذلك سيتم رسم نفس المطلوب السابق و لكن مع إجراء التعديل الذي يجعل عدد الأطقم لا يزيد عن 36 في أي وقت .

► Histogram after Levelling :

32



Histogram after Levelling

- ▶ 4- Draw cash flow diagram (Cash in & Cash out) in this project if the indirect cost is estimated as 1000\$ per week & profit margin = 10% & the periodic payments are received one month billing .

▶ يجب أولاً معرفة معنى كل من Cash in & Cash out

▶ Cash out :

Direct & Indirect cost ▶ هي مصاريف التكلفة الفعلية التي يدفعها المقاول كتكلفة إنشاء فقط دون أن يحسب أرباحه و هي تُساوي

▶ Cash in :

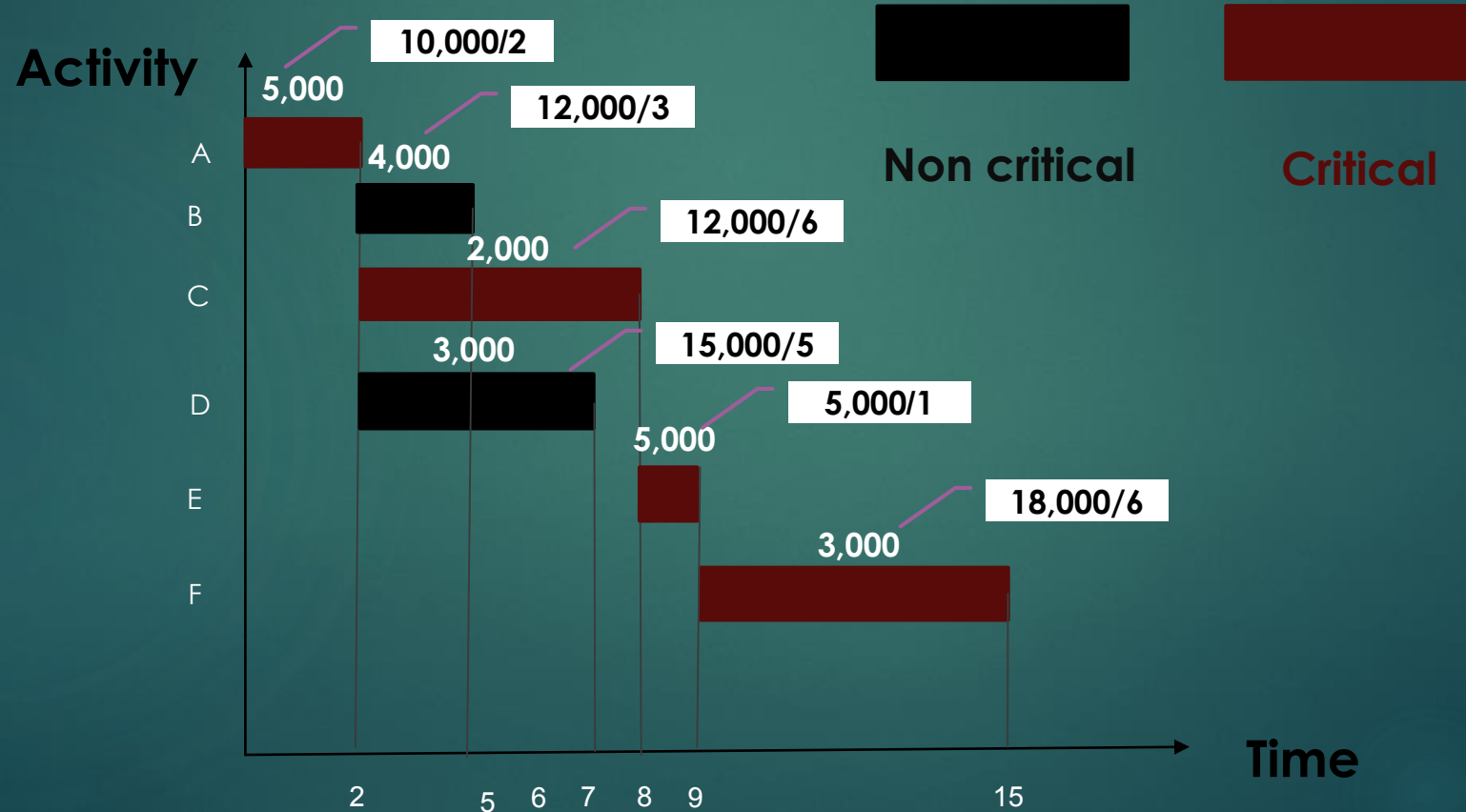
▶ هي المصاريف التي يدفعها المقاول كمصاريف إنشاء بالإضافة إلى أرباحه و بالتالي

$$\text{Cash in} = \text{Cash out} * (\text{Profit margin}\% + 1)$$

- ▶ و في هذا المثال ذكر أن المقاول يدفع من ماله على المشروع ، و بعد شهر يُرسل المالك الشيك إلى المقاول بالأموال الخاصة بالشهر الذي دفعه المقاول ، و هذا الشيك يكون Cash in أي شاملاً التكلفة + الأرباح .

سوف يتم رسم علاقة بين التكلفة و الزمن ، و سيتم رسم مُنحنيين ، الأول خاص بالـ **Cash out** و الثاني خاص بالـ **Cash in** سيتم رسم مُنحني الـ **Cash out** كل شهر ((4 أسابيع)) و يشمل الـ **Direct & Indirect cost** ، بالنسبة للـ **Direct cost** و الذي يُمثل تكلفة البند ، ثم أرسم مُنحني الـ **Indirect cost** و هو رقم ثابت و مُعطى \$1000 شهريًا .

نبدأ أولاً برسم **Cash out** ، فأحتاج إلى رسم **Bar chart** عليها التكلفة الخاصة بكل بند ((أضع فوق كل بند التكلفة الإجمالية له))



- نبدأ الآن برسم مُنحني **Cash out** و ذلك بتحديد قيمة التكلفة كُل شهر و توقيع نقاط التكلفة لرسم المُنحني .

Time	Cash out = direct + indirect cost
@ t = 0	0
@ t = 4	$5000*2 + 4000*2 + 2000*2 + 3000*2 + 1000*4 = 32,000$
@ t = 8	$32,000 + 4000*1 + 2000*4 + 3000*3 + 1000*4 = 57,000$
@ t = 12	$57,000 + 5000*1 + 3000*3 + 1000*4 = 75,000$
@ t = 15	$75,000 + 3000*3 + 1000*3 = 87,000$

$$\text{Indirect Cost} = 1000\$ * \text{Duration}$$

يظهر على شكل مُنحني
مُتغير كل شهر.

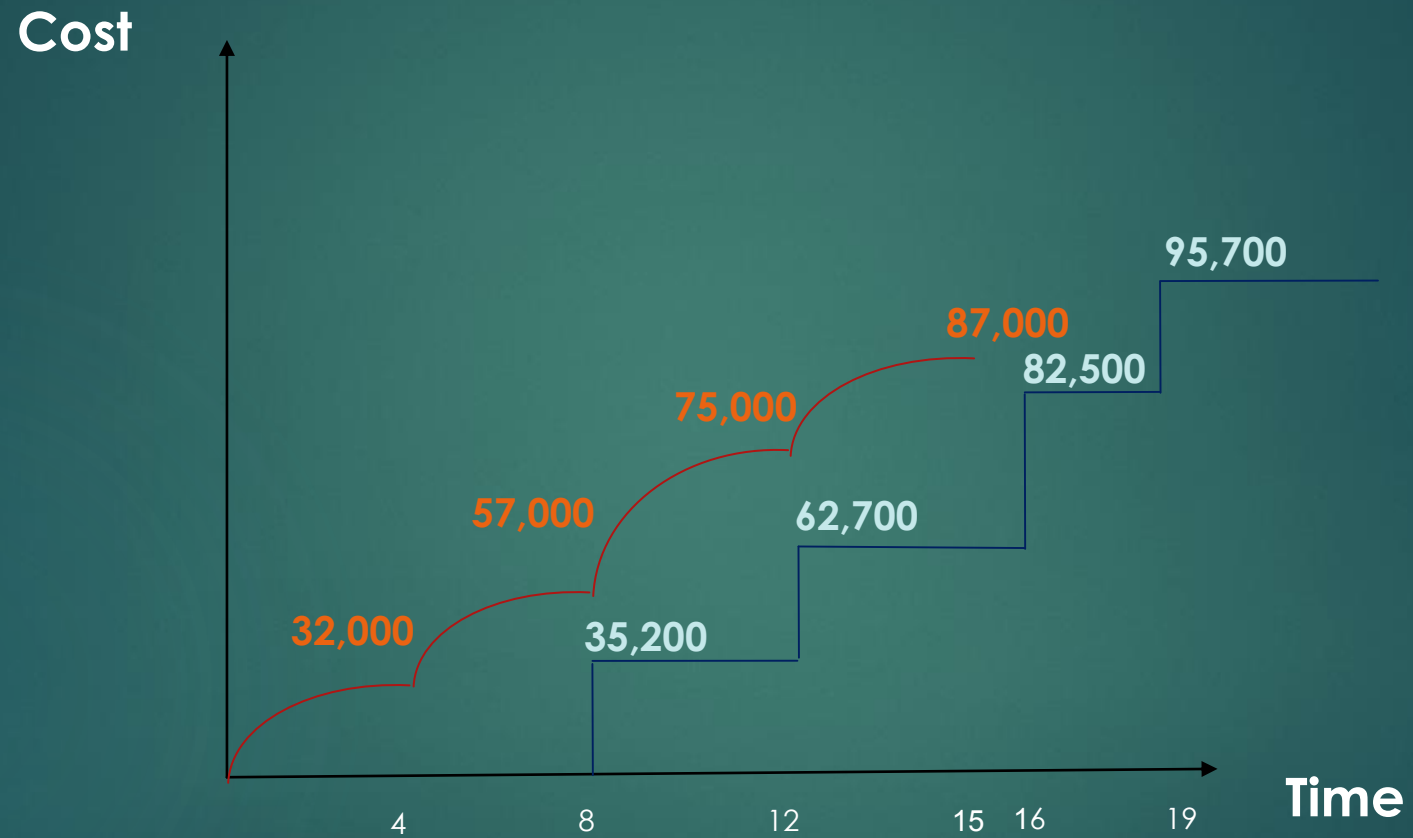
- نبدأ الآن برسم مُنحني **Cash in** و هو يشمل التكلفة بالإضافة إلى أرباح المقاول ، و من المُعطى أن المُقاول حدّد لنفسه أرباح 10 %

$$\text{Cash in} = \text{Cash out} * (\text{Profit margin}\% + 1) = \text{Cash out} * 1.1$$

Time	Cash in = Cash out * 1.1
@ t = 0	0
@ t = 4	0
@ t = 8	$32,000 * 1.1 = 35,200$
@ t = 12	$57,000 * 1.1 = 62,700$
@ t = 15	$75,000 * 1.1 = 82,500$
@ t = 19	$87,000 * 1.1 = 95,700$

يظهر على شكل درجات
السلّم .

- لذلك تكون مُعادلة حساب **Cash in** كالتالي ..



Cash flow diagram ((Cash in & Cash out))

- ▶ Question 1 :
- ▶ What is the min. number of years a contractor must deposit 400\$ per year in order to have
- ▶ At least 10,000 \$ on the date of the last deposit ?
- ▶ Use the interested rate = 8% per year .
- ▶ طلب هنا أقل عدد سنوات مطلوبة بالنسبة للمقاول أن يودع مبلغ ثابت 400\$ كل سنة بشرط يصبح لديه على الأقل 10,000 \$ عند آخر تاريخ إيداع .

$$F = \left(\frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right) \longrightarrow 10,000 = 400 \left(\frac{(1 + 0.08)^n - 1}{0.08} \right)$$

∴ n = 14.2749 Years $\simeq$ 15 years

- ▶ The following table shows the logic & duration for activities of a construction project .
- ▶ The required resources are given in that table .

Activity	Duration	Dependences	Resources req.	
			1	2
A	3	-	6	1
B	4	A	3	1
C	2	A	4	1
D	5	A	5	1
E	5	B & C	3	1
F	2	C	4	1
G	1	E & F & D	7	1
Max no.			8	2

► A- Draw the Bar-chart diagram for that project .

نرسمه بنفس الطريقة التي تم شرحها من قبل ...

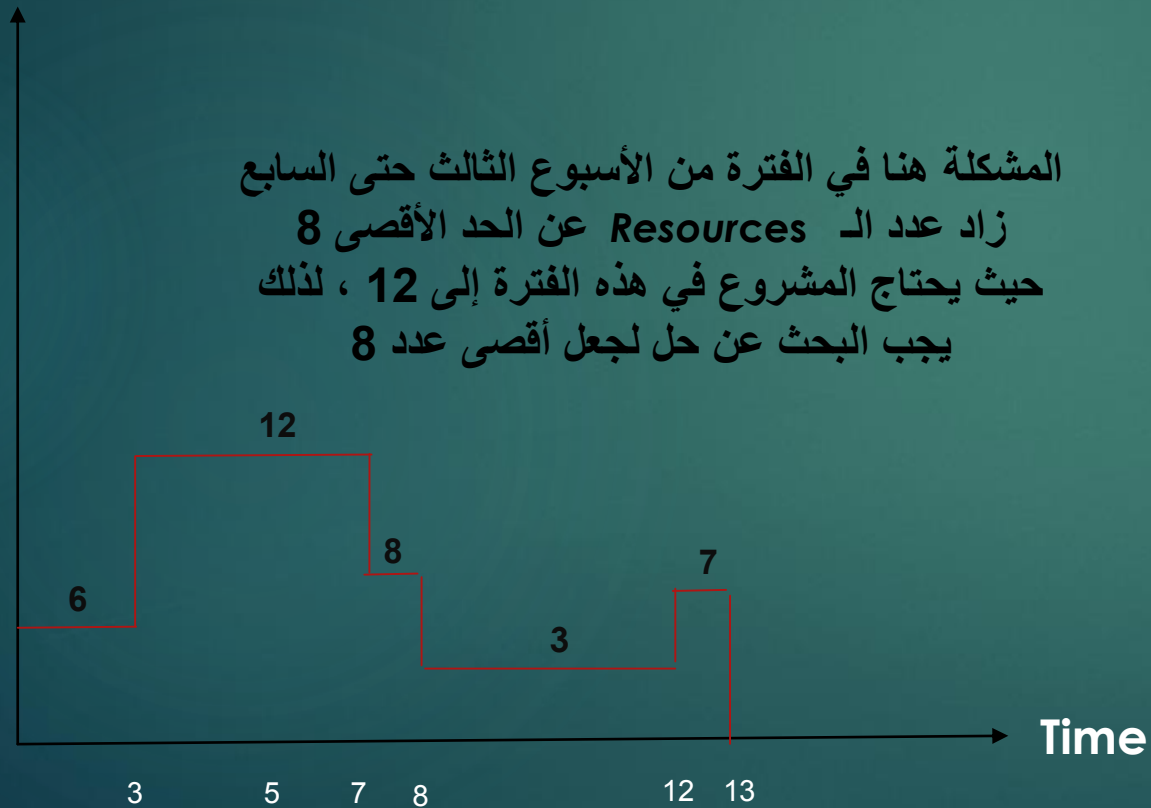


Bar chart

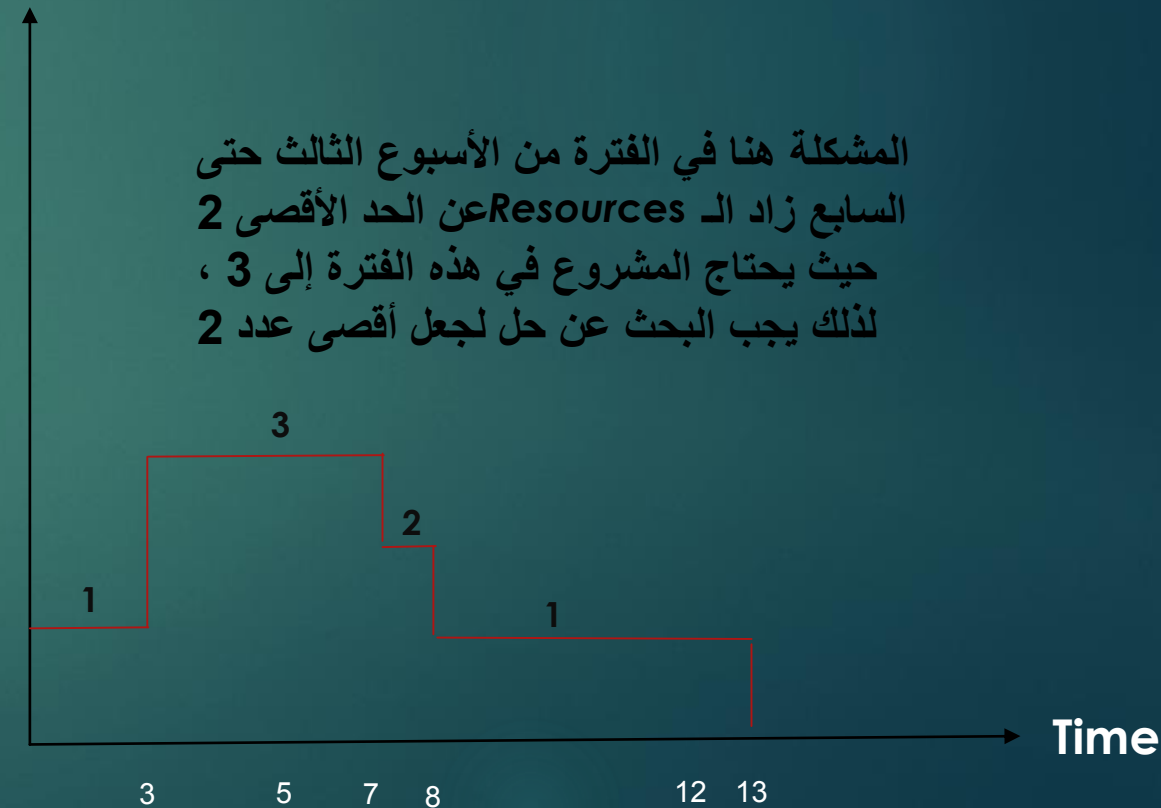
- B- Allocate the given resources (1 & 2) to the activities such that no delay are permitted In the total project completion within the max. available resources .

► سنحتاج هنا لرسم Early time histogram لمعرفة المناطق التي يزداد فيها عدد الـ Resources عن القيمة الـ Max له .

Resources 1

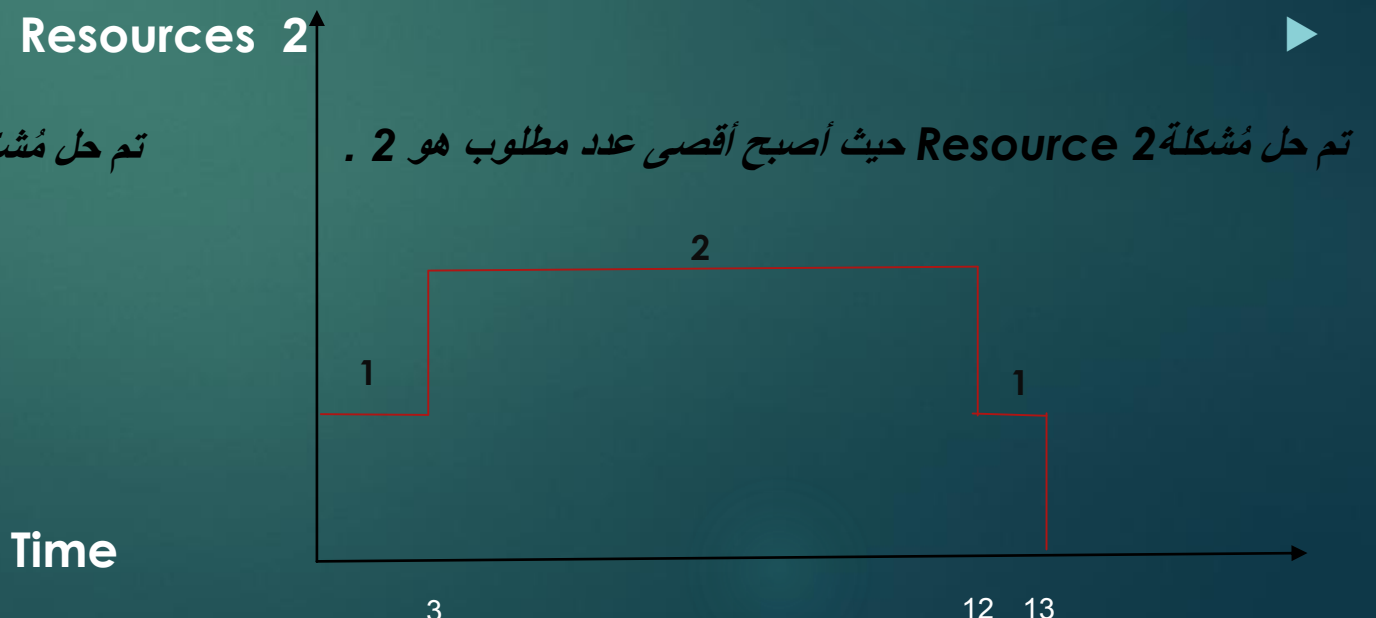
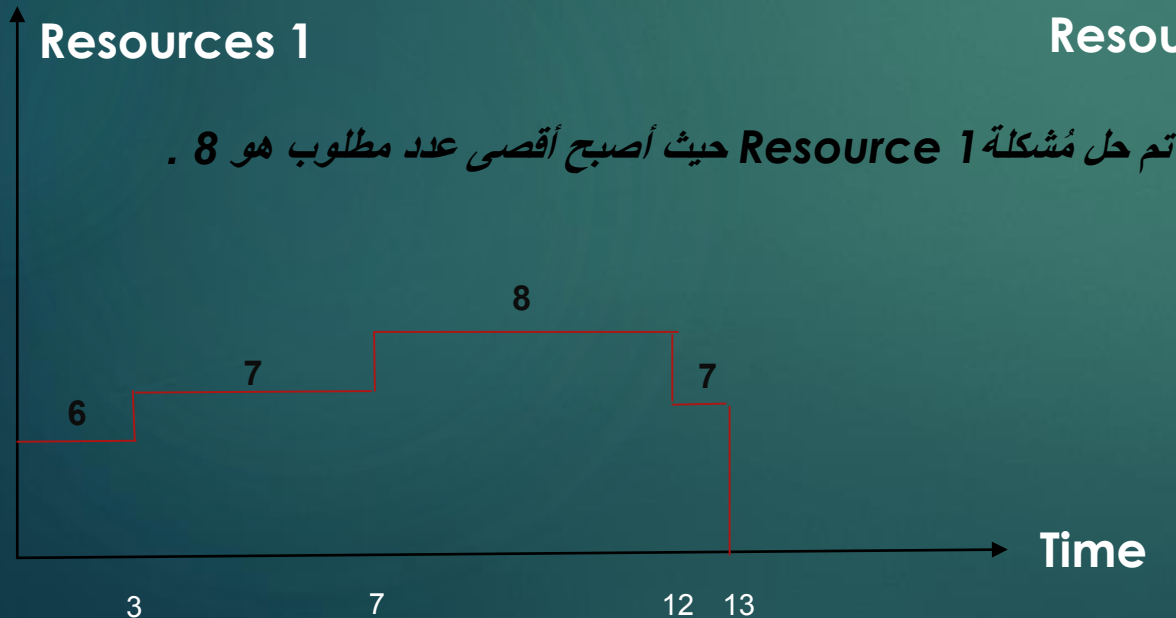


Resources 2



يجب تجربة إجراء التعديل بالنسبة للبنود Non critical
فهنا مثلاً تم تجربة البند C لكنه لم يُعالج المشكلة لذلك
اتجهنا للبند D فتم حل المشكلة عن طريقه
و إذا كان فشل سنجرّب البند F أو أي بند
آخر Non critical

- ▶ سنبدأ الآن في إجراء تعديل بأحد البنود Non critical لأنه إذا تحرّك لا يؤخر من المشروع .
- ▶ و بالتالي البنود التي سنفكر بها هي B Or D Or F لأنها بنود Non critical .
- ▶ فلو فكرنا في البند D مثلاً نجد أنه يعتمد عليه البند G فقط و بالتالي من الممكن أن يتم تحريكه بحيث ينتهي كأقصى زمن عند بداية البند G أي عند الأسبوع الـ 12 و ذلك حتى لا يتأخر البند G و بالتالي يؤخر من زمن المشروع .
- ▶ و بالتالي البند D من الممكن أن يصل حتى الأسبوع الـ 12 و كان مُعطى أن زمن تنفيذه 5 أسابيع لذلك سنجعله يبدأ من الأسبوع الـ 7 و ينتهي عن الأسبوع الـ 12 و بهذا الحل لم يحدث أي تأخير ي زمن المشروع الكلي ، لكن يجب أن نُجرّب هل هذا الحل سيصلح لتقليل الـ Resources بحيث لا تزيد عن الـ Maximum للـ Resources 1 & 2 أم لا و ذلك برسم Early time histogram جديد بعد هذا التعديل .



► *Precedence diagram*

42

► أولاً يجب معرفة معنى بعض المفاهيم :

► 1- Finish to start :



► أي لن يبدأ البند B إلا إذا أنتهى البند A

► 2- Start to start :



► أي لن يبدأ البند B إلا إذا بدأ البند A

► 3- Start to finish :



► أي لن ينتهي البند B إلا إذا بدأ البند A

► 4- finish to finish :



► أي لن ينتهي البند B إلا إذا أنتهى البند A

Total float

هي الفترة الزمنية المسموح للبند أن يتأخر دون أن يؤخر باقي المشروع .

$$T.F = L.S - E.S$$

$$= L.F - E.F$$

Free float

هو الفترة الزمنية المسموح للبند أن يتأخرها دون أن يؤخر أي من البنود التي تليه .

$$T.F / F.F$$

Early start

هو أول زمن مسموح للبند أن يبدأ عنده ، و بالتالي يكون في أول بند يُساوي صفر لأنه بداية المشروع ، لكن في البنود التالية يعتمد على البنود التي قبله .

E.S		E.F
اسم البند		
L.S	Duration	L.F

Early finish

هو آخر زمن مسموح للمُقابل أن أن يبقى به في هذا البند .

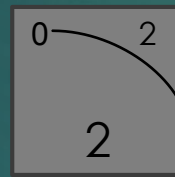
هو فترة تنفيذ البند ، و تكون مُعطاه في الجدول لكل بند .

$$Dur. = L.F - L.S$$

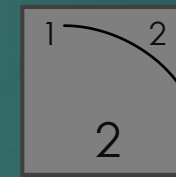
$$= E.F - E.S$$

► Critical path :

- هو أطول مسار في الشبكة ، و بالتالي هو الذي يُحدّد زمن المشروع .
- من المُمكن أن يكون هناك أكثر من **Critical path** ، لكن يؤدي ذلك إلى أن الـ **Risk** يزيد
- دائماً **Free float** أقل من أو يُساوي **Total float** لكن لا يزيد عنه .



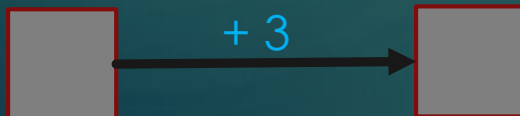
لو بدأنا المشروع يُعتبر الآتي ..
ليس يوم عمل E.S
ليوم عمل E.F



لو بدأنا المشروع يُعتبر الآتي ..
يوم عمل E.S
ليس يوم عمل E.F

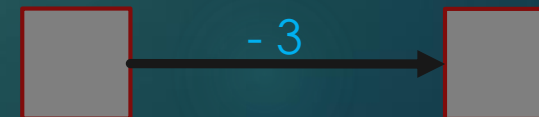
► Lag :

- هي الفترة الزمنية بين بندين ، فهي مثلاً مثل الوقت اللازم
- لكي تمسك المونة قبل الدخول في البند الذي يليه .



Overlap :

- و ذلك في حالة الرغبة في ضغط المشروع ، فنبدأ البند قبل أن ينته البند الذي قبله .



► Example :

45

Activity	Duration (week)	Predecessor (depend on)	Relation
A	2	--	F.S
B	3	A	F.S
C	6	A	F.S
D	5	A	F.S
E	1	B & C	F.S
F	6	D & E	F.S

- 1- Draw the given precedence diagram .
- 2- Calculate total float & free float for all activities .
- 3- Determine the critical path .

E.S		E.F
اسم البند		
L.S	Duration	L.F

سنقوم برسم شبكة كاملة بحيث كل بند يُمثّل هذا الشكل
 ثم نربط بينهم حسب العلاقات المُعطاه بينهم و حسب
 اعتماد أي بند على بنود أخرى .

من الجدول المُعطى نتسنتج الآتي :

- *البند A مُعطى Duration الخاصة به 2 و هو زمن التنفيذ لهذا البند و لا يعتمد على أي بند آخر و بالتالي $E.S_A = 0$ & $Dur. = 2$ so $E.F_A = 0 + 2 = 2$
- *البند B من الجدول يعتمد على البند A ، و العلاقة بينهم $F.S$ ، لذلك لن يبدأ البند B إلا إذا انتهى البند A و كما ذكرنا في النقطة السابقة فإن البند A انتهى عند $E.F = 2$ ، و بالتالي فإن $E.S$ للبند B هي $E.F$ للبند A ، و كان مُعطى أن Duration البند B تساوي 3 و بالتالي فإن $E.F_B = 2 + 3 = 5$
- *البند C من الجدول يعتمد أيضاً على البند A ، و بالتالي تكون $E.S_C = 2$ لأنه لن يبدأ إلا إذا أنتهى البند A ، و مُعطى أن Duration للبند C تساوي 6 لذلك فإن $E.F_C = 2 + 6 = 8$
- *البند D من الجدول يعتمد أيضاً على البند A ، و بالتالي تكون $E.S_D = 2$ لأنه لن يبدأ إلا إذا أنتهى البند A ، و مُعطى أن Duration للبند D تساوي 5 لذلك فإن $E.F_D = 2 + 5 = 7$
- *البند E من الجدول يعتمد على البندين B & C ، و بالتالي لن يبدأ إلا إذا أنتهى البند B & C معاً ، و كما تم حسابه في النقاط السابقة فإن البند B ينتهي بعد 5 أسابيع ، بينما البند C ينتهي بعد 8 أسابيع ، لذلك فإن البند E يبدأ بعدما ينتهي الإِسبوع الثامن وكانت $Duration = 1$ و بالتالي فإن $E.F_E = 8 + 1 = 9$
- **البند F من الجدول يعتمد على البندين D & E ، و بالتالي لن يبدأ إلا إذا أنتهى البند D & E معاً ، و كما تم حسابه في النقاط السابقة فإن البند D ينتهي بعد 7 أسابيع ، بينما البند E ينتهي بعد 9 أسابيع ، لذلك فإن البند F يبدأ بعدما ينتهي الإِسبوع التاسع ، وكانت $Duration = 6$ و بالتالي فإن $E.F_F = 9 + 6 = 15$
- و بالتالي فإن آخر بند و هو البند F قد انتهى بعد 15 أسبوع ، و بالتالي نستنتج من ذلك أن زمن المشروع هو 15 أسبوع .

بذلك استطعنا الحصول على كل قيم **E.S & E.F** و مُتبقى الآن تحديد قيم **L.S & L.F** و هو ما سيتم إستنتاجه في الخطوات التالية .

▶ البند الأخير يكون **Critical** و بالتالي ليس هناك أي تأخير مسموح به في هذا البند **No float** لأنه سوف يؤخر المشروع كله ، و بالتالي فإن **L.F_F = E.F_F = 15**

*نتحرك الآن بالعكس أي من اليمين إلى اليسار لتحديد قيمة **L.S** للبند **F** ، فتكون كالتالي ▶ **L.F_F – Duration of F = L.S_F = 15 – 6 = 9**

البند **F** مُعتمد على كل من البندين **D & E** و كما ذكرنا أننا نتحرك الآن من اليمين إلى اليسار و بالتالي **L.F For D & E = L.S_F = 9**

* ثم نحسب الآن **L.S** لكل من البندين **E & D** عن طريق المُعادلة التالية **L.F – Duration = L.S** و بالتالي **L.S_D = 9 – 5 = 4** و **L.S_E = 9 – 8 = 1**

* البند **E** مُعتمد على كل من البندين **B & C** و كما ذكرنا أننا نتحرك الآن من اليمين إلى اليسار و بالتالي **L.F For B & C = L.S_E = 8**

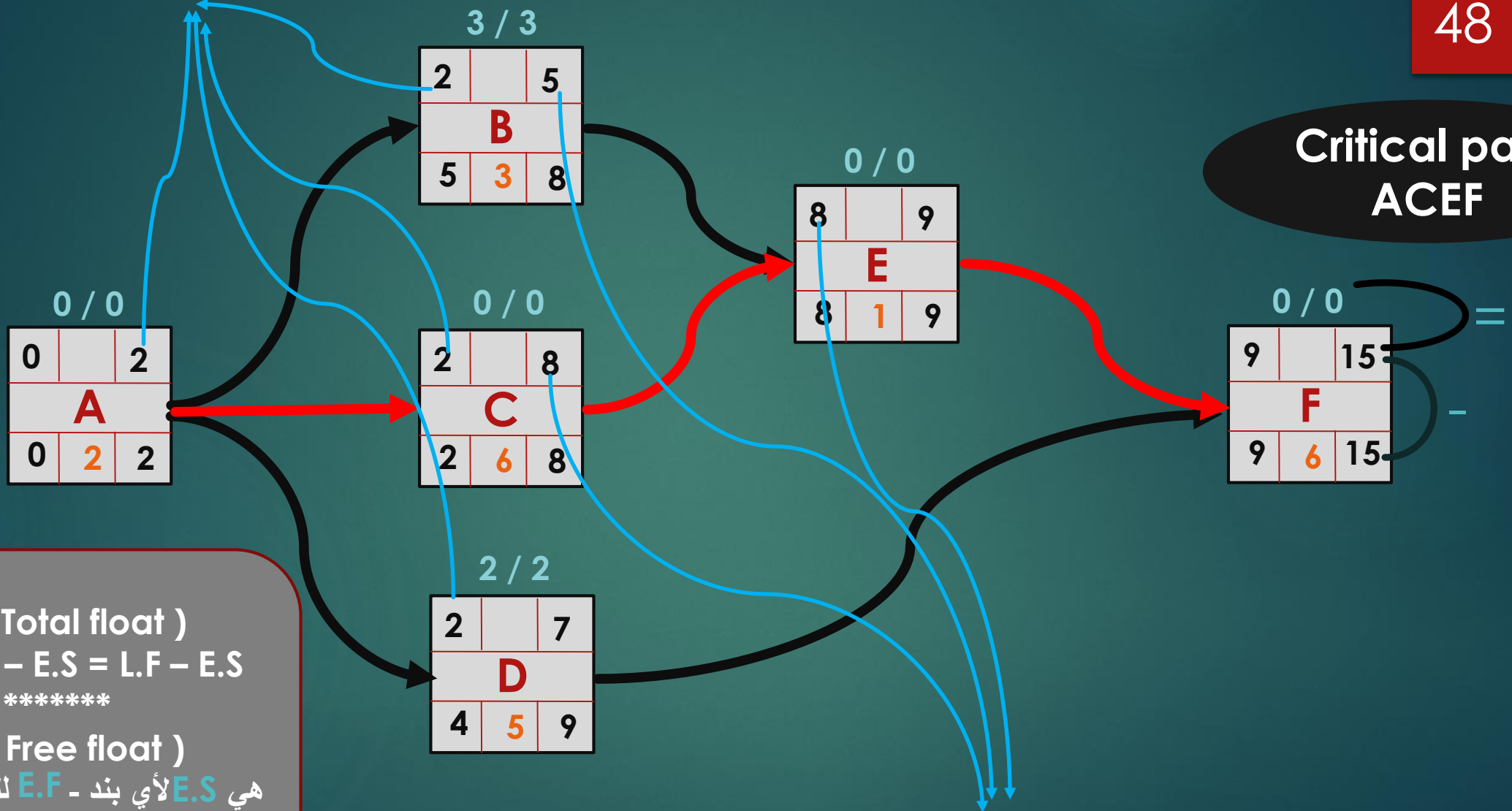
* ثم نحسب الآن **L.S** لكل من البندين **B & C** عن طريق المُعادلة التالية **L.F – Duration = L.S** و بالتالي **L.S_B = 8 – 3 = 5** و **L.S_C = 8 – 6 = 2**

* أخيرًا يتبقى البند **A** و الذي يعتمد عليه كل من البنود **B & C & D** و بالتالي يتم أخذ أصغر قيمة لـ **L.S** من بين البنود الثلاثة و تكون هي **L.F For A**

ثم أحصل على **L.S For A** كالتالي **L.F_A – Duration of A = L.S_F = 2 – 2 = 0**

$$E.F_A = E.S \text{ Of } B, C \text{ \& } D$$

و معناها أن البنود B , C & D سوف تبدأ بعدما ينتهي البند A



**Critical path
ACEF**

T.F (Total float)
 $T.F = L.S - E.S = L.F - E.S$

F.F (Free float)
 هي $E.S$ لأي بند - $E.F$ للبند الذي قبله
 Ex : $E.S_B - E.F_A$
 $E.S_E - E.F_B$

$E.S_E = \text{The biggest } E.F \text{ of } B \text{ \& } C$
 و معناها أن البند E لن يبدأ إلا بعدما ينتهي كلاً من البندين B & C

▶ Arrow Diagram

▶ **المميزات :**

▶ سهولة الاستخدام .

▶ **العيوب :**

Dummy activities

وجود

Finish to start

جميع العلاقات

▶ **Dummy activity :**

- ▶ 1- Activity with zero duration .
- ▶ 2- Used to satisfy activities relations .

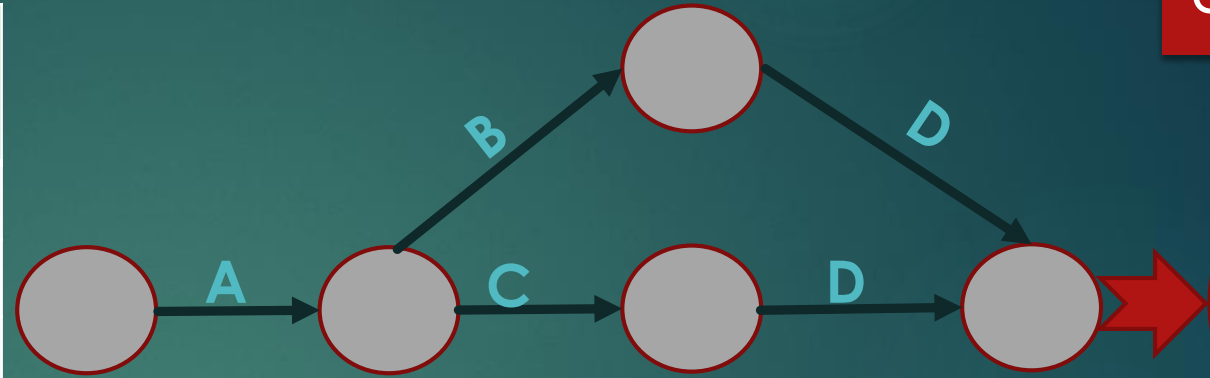


لا يتعرّف هذا النظام ببندين
بنفس الاسم

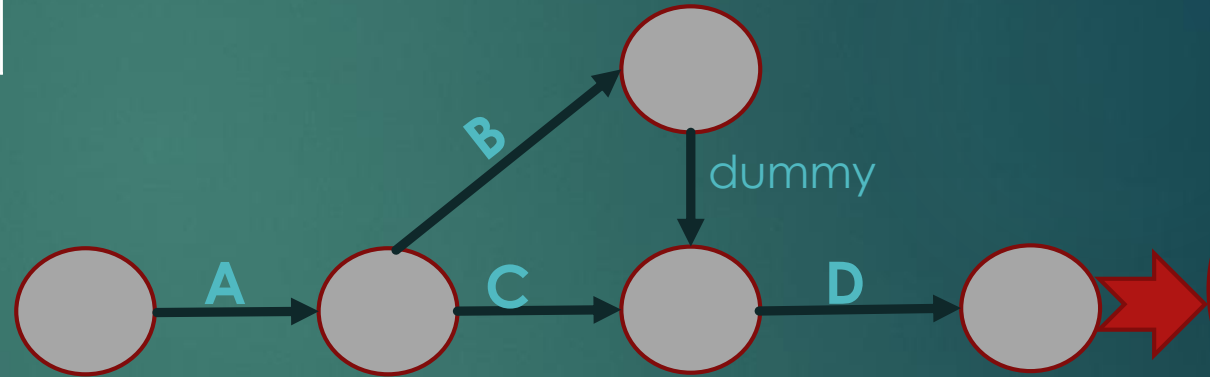
► Case (1) :

50

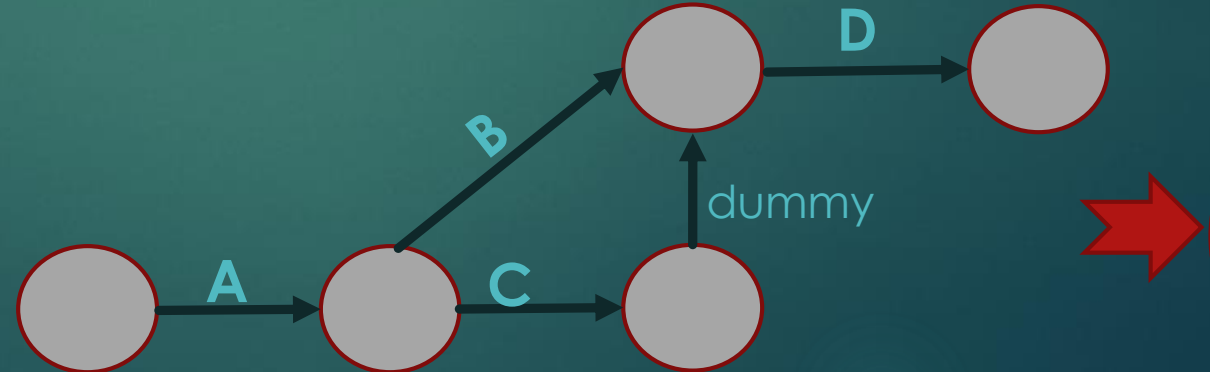
Activity	Depends on
A	--
B	A
C	A
D	B,C



حل خطأ
نتيجة لوجود
بندين بنفس
الاسم
D



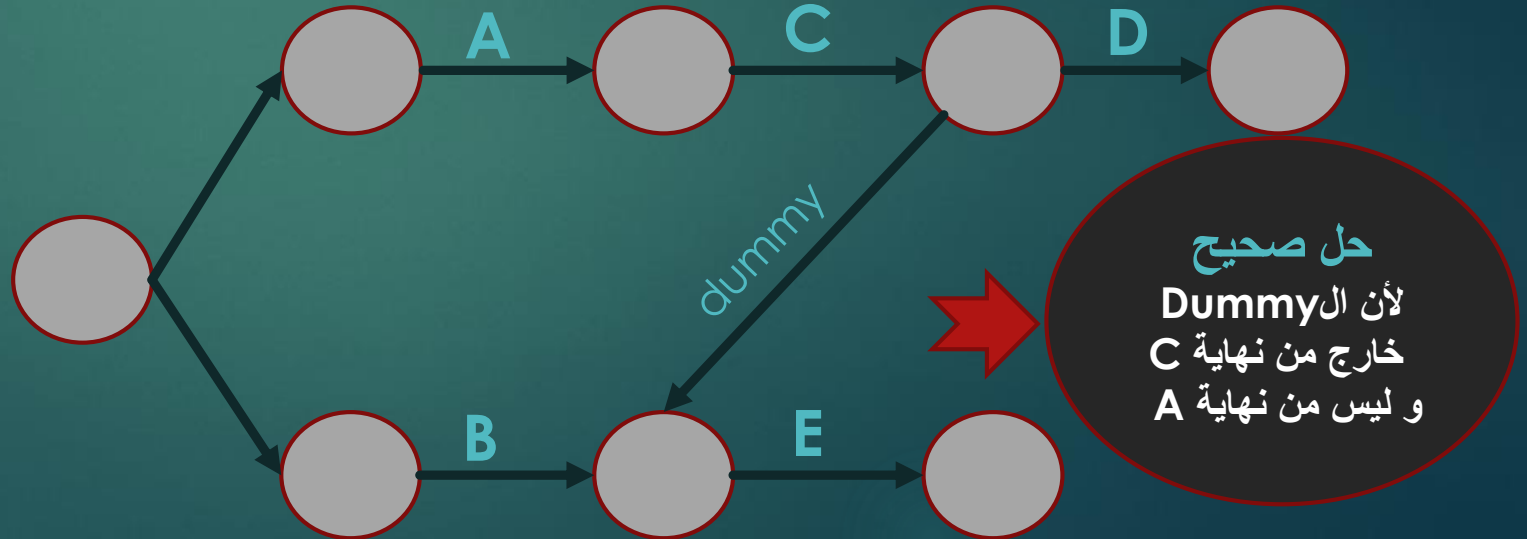
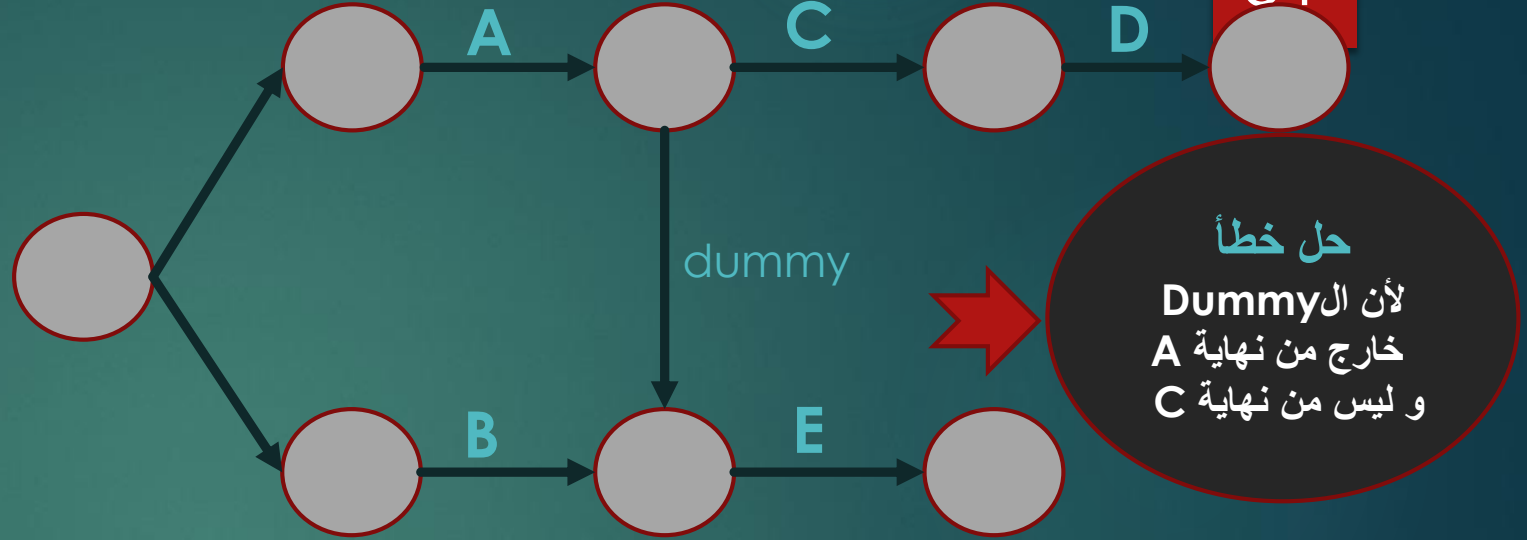
حل صحيح
نتيجة لعدم
وجود بنود
مُكررة .



حل صحيح
نتيجة لعدم
وجود بنود
مُكررة .

► Case (2) :

Activity	Depend on
A	--
B	--
C	A
D	C
E	B,C



► Case (3) :

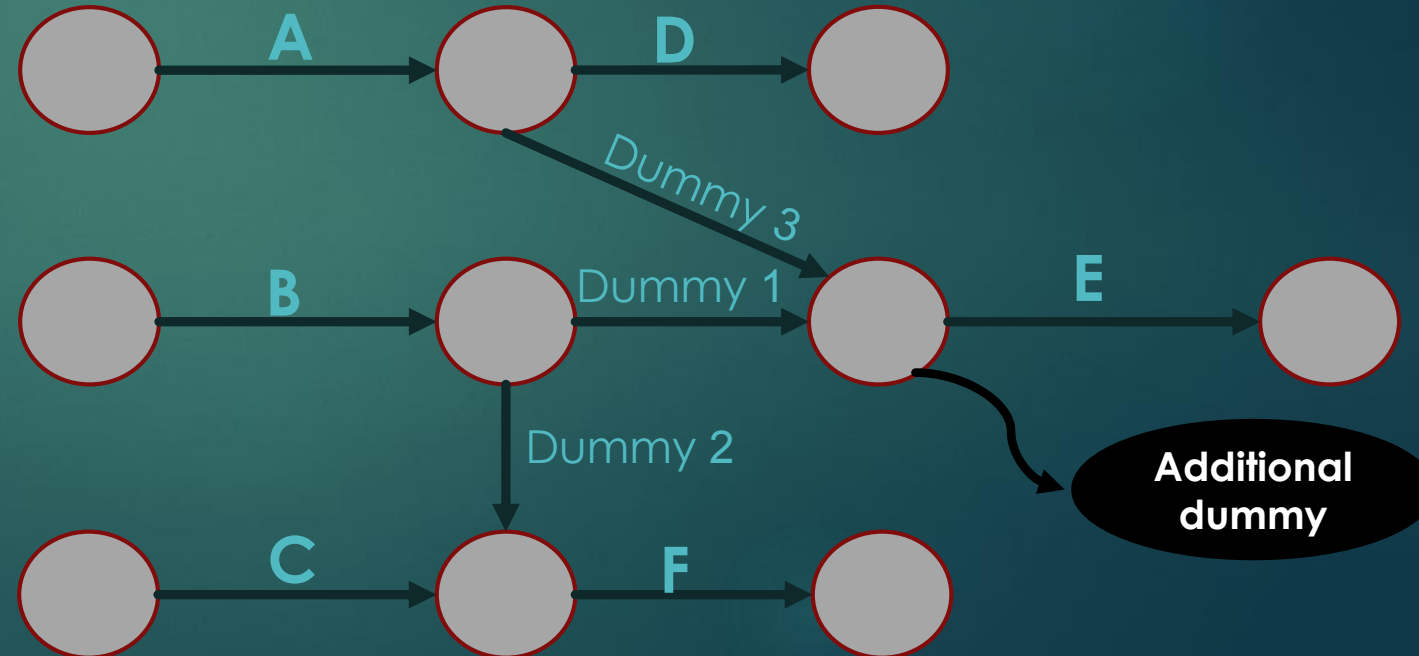
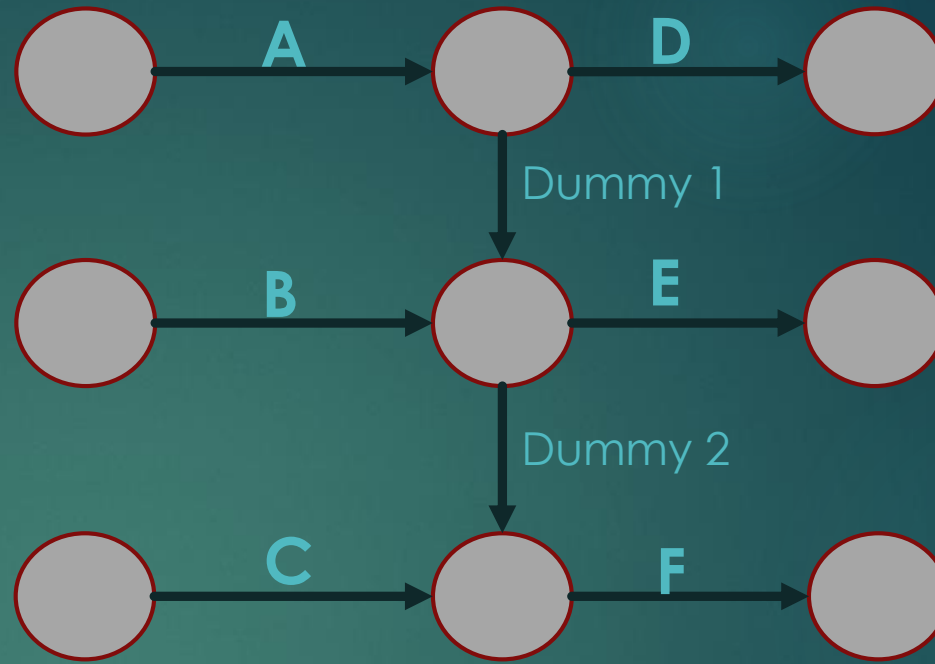
52

حل خطأ

d1* ليس بها مشكلة .
 * d2 خاطئة لأنها خارجة
 من B & d1 ، و كما
 سبق فإن d1 خارجة من A
 و بالتالي أصبحت F
 مُعتمدة على A وهذا
 غير موجود بالجدول .

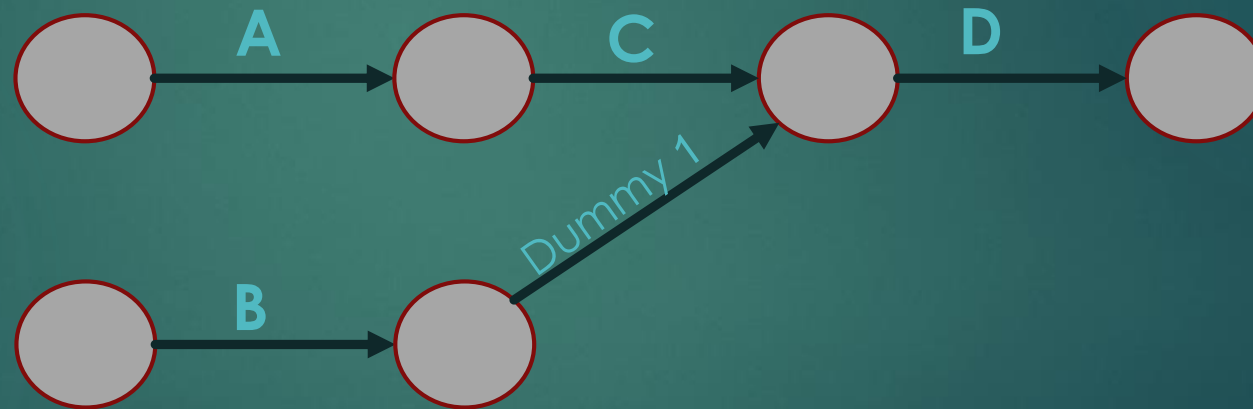
حل صحيح

تم استخدام Dummy جديدة
 بحيثُ أصبح البند F لا يتعمد
 على البند A.



► Case (4) :

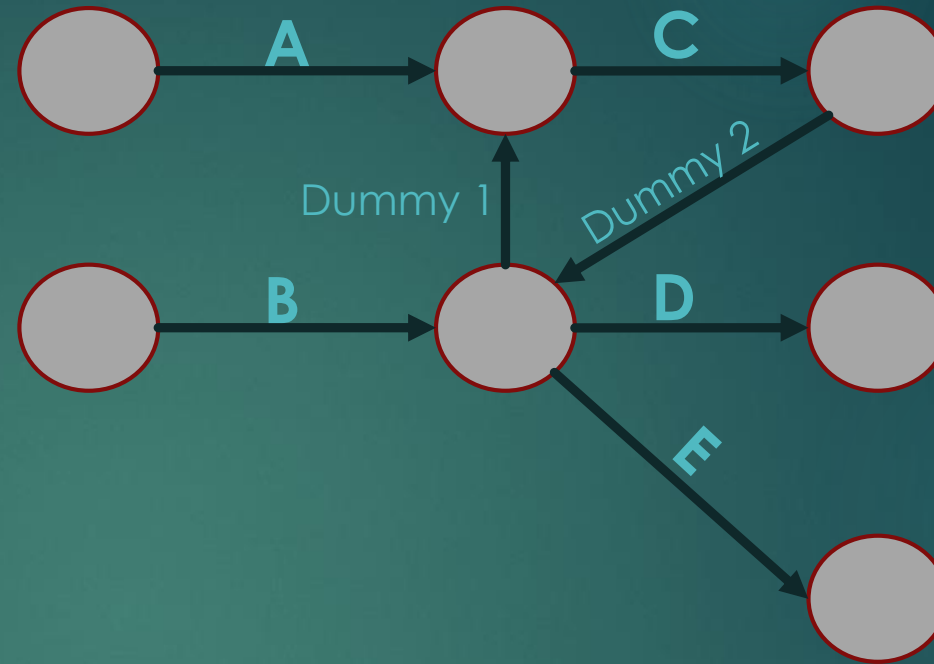
Activity	Depends on
A	--
B	--
C	A
D	B , C



Unnecessary Dummy , but relation is correct .

► Case (5) :

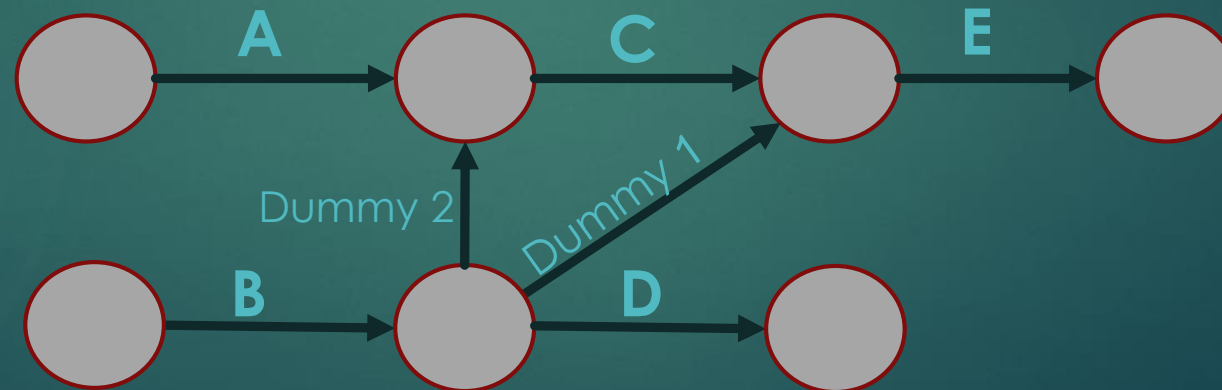
Activity	Depends on
A	--
B	--
C	A , B
D	B
E	B , C



54

حل خطأ

لأن بهذا الحل أصبح البند D يعتمد على C و هذا غير موجود بالجدول



حل صحيح

لأن بهذا الحل أصبح البند D لا يعتمد على C و هذا هو موجود بالجدول .

► The Update

- *عند تاريخ مُعيّن من زمن المشروع يتطلب من المُخطّط عمل تحديث مثلاً عمل تحديث بعد 30 يوم عمل بالمشروع ، و خلال فترة العمل حدثت بعض التغييرات في البنود مثلاً بدأت مُبكراً أو انتهت مُتأخرة ، أو أُعطيت فترة زمنية أكثر أو أقل من اللازمة لإتمام البند .
- *فيتم رسم **Precedence diagram** بشكل عادي ثم يُطلّب عمل تحديث حسب التغييرات التي حدثت لبعض البنود ، و بالتالي يتغير زمن المشروع نتيجة لهذه التغييرات .
- *عند عمل **Update** إذا كان هناك بند قد انتهى فعلاً قبل هذا التحديث يتم حذف هذا البند من الشبكة ، و يكون زمن الصفر هو زمن عمل التحديث .

► Example 1 :



► For the following network , the progress report after 12 working days included the following information .

► تم عمل تقرير لهذه الشبكة بعد 12 يوم عمل ، و النقاط التالية توضّح التحديثات التي حدثت للبنود .

- ▶ *Activity D will be delay in start by 2 days .
 - ▶ *Activity E was under estimated & now is required 10 days .
 - ▶ *Activity F cannot start before working day 30 .
 - ▶ *Activity G was over estimated & it`s now believe to require 10 days .
-
- ▶ **Find :**
 - ▶ 1- The project duration & the critical path.
 - ▶ 2- Construct the reduced network at day 12 .
 - ▶ 3- Update the network & determine the project duration , new total & free float & new critical path .

► 1- The project duration is 39 & the critical path is ACDFG .

► 2- The report after 12 working days :

ندرس كل التغيرات التي حدثت للبنود خلال فترة العمل و توضيح التغيير الذي يسببه كل بند في الشبكة .

► *Activity D will be delay in start by 2 days .

► أي أن هذا البند سيتأخر عن بدايته المحددة في الشبكة يومين ، فكان من المفترض أن تبدأ عند $E.S = 13$ أي أنه سيبدأ عند $E.S = 15$ و طالما قال $Start$ يخرج سهم من الـ $Start$

► *Activity E was under estimated & now is required 10 days .

► أي أن البند E مُحدّد له $Duration$ أقل من اللازم عن التي يحتاجها و هي كانت 5 أيّام ، فذكر أنها تحتاج إلى 10 أيام بدلاً من 5 أيام ، لذلك أعدّل الـ $Duration$ الخاصة بها إلى 10 أيام .

► *Activity F cannot start before working day 30 .

أي أن البند F لن يبدأ قبل 25 يوم عمل ، ومعنى 30 Working days أي أن $E.S = \text{Working days} - 1 \Rightarrow 29$

► *Activity G was over estimated & it's now believe to require 10 days .

► أي أن البند G أخذ وقت أكثر من اللازم و هي 12 يوم ، فمطلوب تقليلها إلى 10 أيّام فقط .

► Important notes :

- 1- سيتم عمل $\text{Start activity with duration} = 0$ ، و بالتالي سيكون لهذا البند E.S هو زمن عمل الـ **Update**.
- 2- ذكر في المثال **Update after 12 working days** أي بعد 12 يوم عمل أي في اليوم الـ 13 .

Working days = 13 ، so E.S = W.D - 1 = 13 - 1 = 12 days

12		12
Start		
	0	

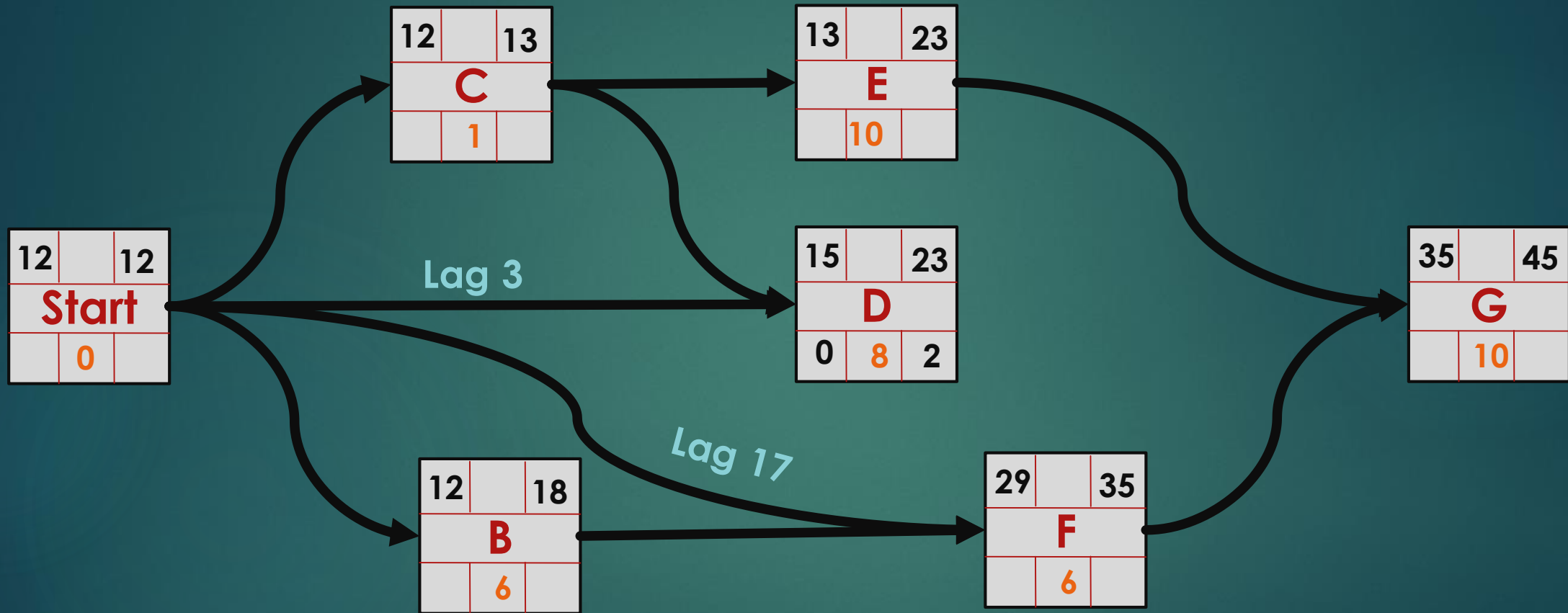
- 3- يتم عمل **Start activity** بهذا الشكل ، و يكون هو بداية الـ **Update** .

- 4- أي بند لم يُذكر في التحديثات أو التعديلات المطلوبة لن يدخل معنا في الشبكة الجديدة بشرط أن يكون بدأ و انتهى قبل عمل الـ **Update** كمثال هنا لم يذكر أي تعديلات للبند **A & B & C** ، لذلك سنرى هل هذه البنود انتهت قبل الميعاد المطلوب فيه عمل الـ **Update** أم لا .
- *البند **A** كما مُعطى انتهى بعد 10 أيام فقط ، و الـ **Update** تم بعد 12 يوم ، أي أن البند **A** لن يدخل معنا في الشبكة الجديدة .
- *البند **B & C** يُلاحظ أنه لم يذكرهم في التحديثات المطلوبة ، لكن رغم ذلك سيدخلوا معنا في الشبكة الجديدة لأنهم لم ينتهوا عند ميعاد الـ **Update** المطلوب ، فالبند **B** سينتهي بعد 18 يوم ، و كذلك البند **C** سينتهي بعد 13 يوم ، لذلك فإن البندين سيدخلا معنا في الشبكة الجديدة التي سنرسمها

- 5 - البند B & C كما ذكرنا لم يذكر أي تغيير أو تحديث طراً عليهم ، لذلك سنرى كل منهم انتهى بعد أي يوم لنستطيع تحديد الـ **Duration** المتبقية له لينتهي تماماً ...
- * البند B كان مطلوباً لإتمامه 8 أيام بداية من اليوم الـ 10 إلى اليوم الـ 18 ، و كما ذكرنا فإن التحديث كان بعد 12 يوم عمل ، لذلك تكون الـ **Duration** الخاصة بهذا البند هي 6 أيام فقط كنتاج طرح زمن الإنتهاء عند اليوم الـ 18 مطروحاً منها 12 يوم زمن عمل الـ **Update**
- * البند C بنفس الطريقة كان مطلوباً لإتمامه 3 أيام بداية من اليوم الـ 10 إلى اليوم الـ 13 ، و كما ذكرنا فإن التحديث كان بعد 12 يوم عمل لذلك ستحتاج ليوم واحد آخر بداية من التحديث كنتاج طرح زمن الإنتهاء عند اليوم الـ 13 مطروحاً منها 12 يوم زمن عمل الـ **Update**
- 6- البند D كان قد ذكر أنه قد تأخر عن بدايته التي من الطبيعي أن تكون في اليوم الـ 13 ليبدأ بعدها بيومين أي تكون بدايته في اليوم الـ 15 ، أما الـ **Duration** فلم يجري بها أي تعديل و بالتالي تبقى كما هي 8 أيام ، و طالما ذكر كلمة **Start** نُخرج سهم من الـ **Start** و أكتب عليه الـ **Lag** الذي حدث أي تأخير كان لمدة 3 أيام .
- 7- البند E ذكر أنه قد توفر له وقت أقل من اللازم ، لذلك نحتاج أنا نجعل الـ **Duration** لمدة 10 أيام بدلاً من 5
- 8- البند F ذكر أنه لا يمكن أن يبدأ قبل 30 يوم عمل أي أن $E.S = 29$ ، لكن قال كلمة **Start** لذلك نُخرج سهم من الـ **Start** و أكتب عليه أي تأخير بالفرق بين زمن التحديث و تاريخ بدء تنفيذ البند أي الفرق $29 - 12 = 17$
- 9- البند G ذكر أنه قد توفر له وقت أكثر من اللازم ، لذلك نحتاج أنا نجعل الـ **Duration** لمدة 10 أيام بدلاً من 12 .
- بذلك انتهينا من التعرف على التعديلات التي حدثت لكل البنود ، لذلك نبدأ في رسم شبكة جديدة بعد التعديل

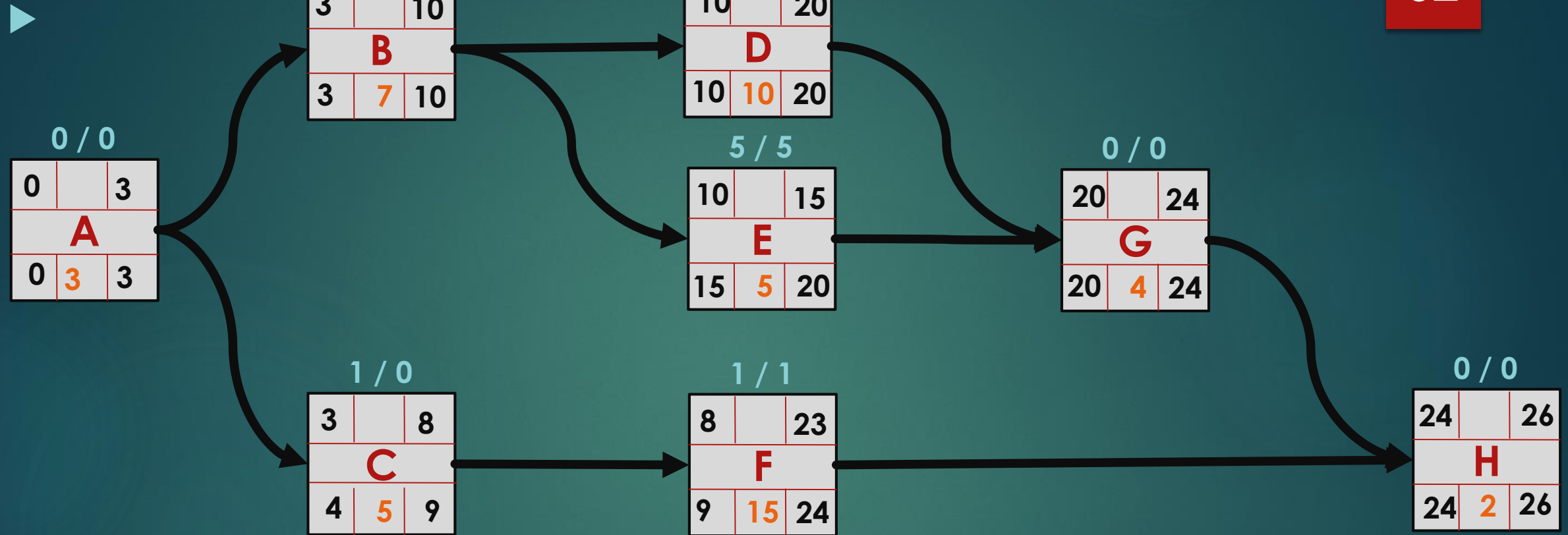
► Answer :

61



Project duration
becomes 45 days

► Example 2 :



For the following network , the progress report after 10 working days included the following information .

*تم عمل تقرير لهذه الشبكة بعد 10 أيام عمل ، و النقاط التالية توضّح التحديثات التي حدثت للبنود .

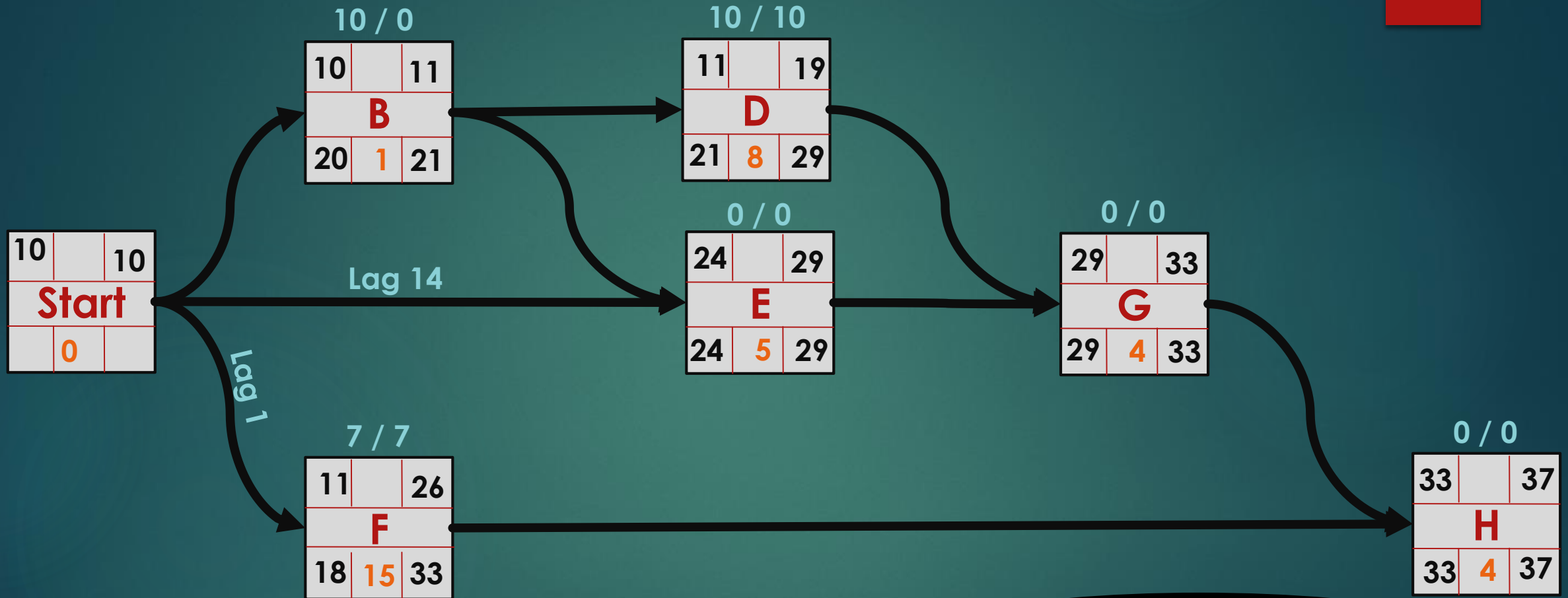
- ▶ *1 Day remains to finish Activity B .
- ▶ *Activity D was over estimated & it`s now believe to require 8 days .
- ▶ *Activity E cannot start before working day 25 .
- ▶ *Activity F will start 3 days after the finish of activity c .
- ▶ *Activity H was over Underestimated & it`s now believe to finish in 4 days .

- ▶ **Find :**
 - ▶ 1- The project duration & the critical path.
 - ▶ 2- Construct the reduced network at day 10 .
 - ▶ 3- Update the network & determine the project duration , new total & free float & new critical path .

- 1 - لم يذكر أي معلومات عن البندين **A & C** ، و ألاحظ أنهم قد انتهوا فعلاً قبل عمل الـ **Update** و الذي بدأ عند **E.S = 10** ، لذلك لن يكونا معنا في الشبكة الجديدة .
- 2- البند **B** ذكر أنه يحتاج يوم آخر بعد الـ **Update** لينتهي تمامًا ، و كان هذا الـ **Update** قد بدأ عند **E.S = 10** و بالتالي تكون الـ **Duration** الخاصة به يوم واحد فقط بداية من عمل التحديث عند اليوم الـ 11 حتى اليوم الـ 12 .
- 3- البند **F** قال أنه سيبدأ بعد 3 أيام من نهاية البند **C** ، فرغم ذلك لن أضع البند **C** في الشبكة الجديدة لكن استدل منه فقط أنه قد انتهى بعد 8 أيام لذلك سيبدأ البند **F** بعد 11 يوم أي أن **E.S = 11** ، و طالما ذكر كلمة **Start** نُخرج سهم من الـ **Start** عليه كلمة **Lag** بالفرق $11 - 10 = 1$.
- 4- البند **D** ذكر أنه قد توقّر له وقت أكثر من اللازم ، لذلك نحتاج أنا نجعل الـ **Duration** لمدة 8 أيام بدلاً من 10 .
- 5- البند **E** ذكر أنه لا يمكن أن يبدأ قبل 30 يوم عمل أي أن **E.S = 24** ، لكن قال كلمة **Start** لذلك نُخرج سهم من الـ **Start** و أكتب عليه **Lag** أي تأخير بالفرق بين زمن التحديث و تاريخ بدء تنفيذ البند أي الفرق $24 - 10 = 14$.
- 6- البند **H** ذكر أنه قد توقّر له وقت أقل من اللازم ، لذلك نحتاج أنا نجعل الـ **Duration** لمدة 4 أيام بدلاً من 2 .
- 7- البند **G** يُلاحظ أنه لم يُذكر في التحديثات المطلوبة ، لكن رغم ذلك سيدخل معنا في الشبكة الجديدة لأنهم لم ينتهوا عند ميعاد الـ **Update** المطلوب ، فالبند **G** سينتهي بعد 24 يوم ، لذلك فإن البند **G** سيدخل معنا في الشبكة الجديدة التي سنرسمها .
- بذلك انتهينا من التعرف على التعديلات التي حدثت لكل البنود ، لذلك نبدأ في رسم شبكة جديدة بعد التعديل

► Answer :

65



Critical path EGH

► Planning & repetitive projects

66

► Line of balance * L.O.B *

► Linear & repetitive :

- *يقوم النجار مثلا بعمل شدّات الدور الأول مثل الثاني مثل الثالث و هكذا .
- *مدينة سكنية بها مثلاً 500 فيلا مُتشابهة أي أن الحفّار سيحفّر نفس الكمية في كلّ فيلا .

► Line of balance :

- هي إحدى طُرُق تخطيط المشروعات المُتكرّرة ، كئِمال تقسيم مشروع لمجموعة من الوحدات و ليس مجموعة من البنود .

0		1
A		
	1	

تسوية - Scraping

1		3
B		
	2	

حفر - Excavation

3		7
C		
	4	

تسوية - Piping

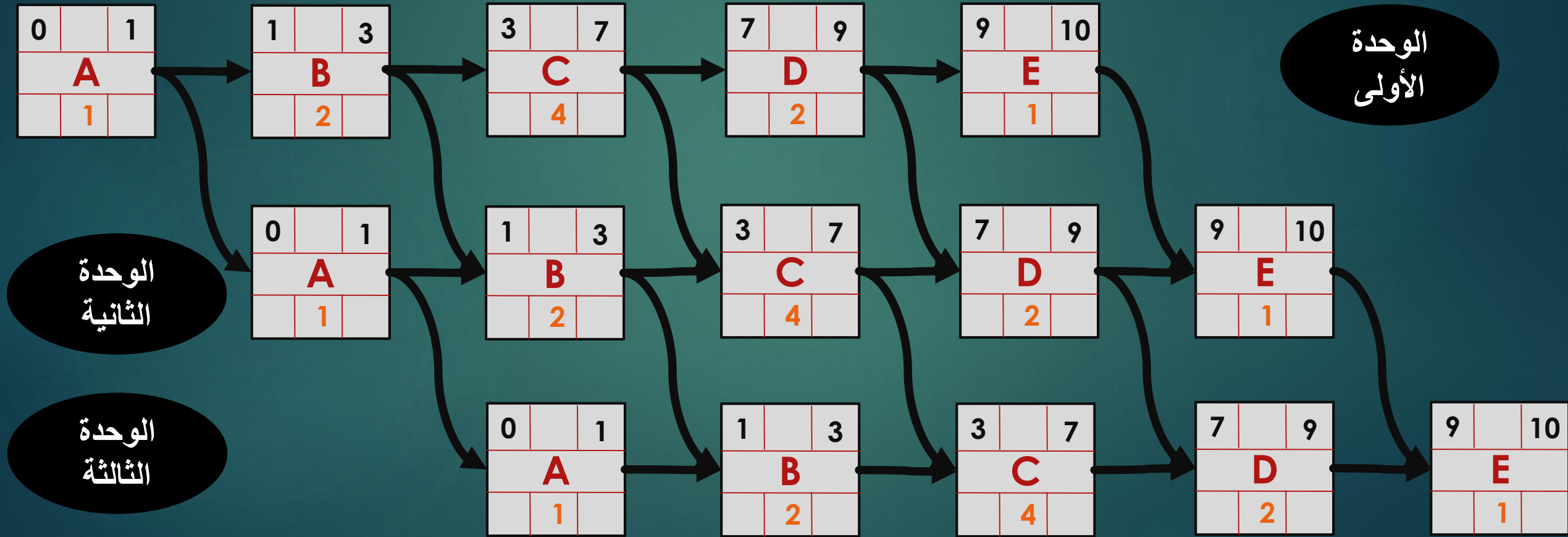
7		9
D		
	2	

تسوية - Testing

9		10
E		
	1	

ردم - Filling

- ▶ *تقوم ماكينة التسوية بعملها في الوحدة الأولى ثم تتجه إلى الوحدة الثانية حيث لا تنتظر لتنتهي كل البنود في الوحدة لأولى لتدخل في الوحدة الثانية.
- ▶ *يسير العمل في الموقع بهذه الطريقة ، فالحقار ينتقل من وحدة للثانية ولا ينتظر حتى تنتهي الوحدة الأولى تمامًا حتى لا يتم تعطيل المشروع .



▶ *زمن المشروع = (عدد الوحدات - 1) * زمن أطول بند مُضافًا إليه زمن إنجاز الوحدة الأولى

فبتطبيق ذلك على المثال السابق بفرض عدد الوحدات المطلوب إنجازها 60 وحدة يكون زمن المشروع $T = (N - 1) * \text{Time of act. C} + 10$
 $= (60 - 1) * 4 + 10 = 246 \text{ weeks}$

▶ *هذا القانون لا يُطبَّق إلا بتوافر هذان الشرطان :

▶ 1- جميع العلاقات بين البنود F.S .

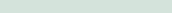
▶ 2- جميع البنود تستخدم طقم عمل واحد لكل منهم .

▶ لكن هذا القانون نادر الاستخدام لأن العلاقات في الغالب لا تكون F.S و البنود لا تستخدم طقم عمل واحد .

▶ Objective line :

▶ هو خط يستخدمه مدير المشروع في أعمال مُتابعة المشروع ، مثلاً ينزل إلى المشروع بعد الأسبوع الـ 15 على حسب المُخطط له أن يكون أنهى 10 وحدات مثلاً و ذلك حسب الـ Objective line فيتأكد هل تم بالفعل ما كان مُخطط عليه أم لا .



Activity	Color
A	
B	
C	
D	
E	

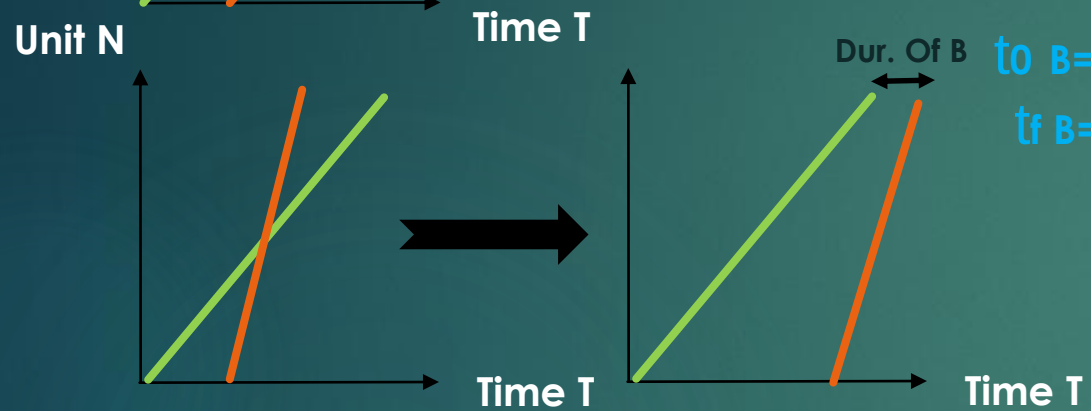
$$\tan \text{ angle} = R = \frac{N - 1}{t_f - t_o}$$

 **Object line**
 مشروع انتهى مُبكرًا
 مشروع انتهى مُتأخرًا

المشاكل التي تواجه بندين يعملان في نفس الوقت :



1- إذا كان هناك بندان مثلاً A & B فإذا كان البندين يسيران معاً بنفس المعدل



لن يكون هناك مشكلة تعطل من عمل البندين معاً و تكون المعادلة

$$t_o B = t_o A + \text{Duration of B}$$

$$t_f B = t_f A + \text{Duration of B}$$

2- إذا كان هناك بندان مثلاً A & B و البند الثاني مُعدّل أسرع من البند الأول

هنا تظهر مشكلة تلاقي البندين معاً عند وقت مُعيّن ، و لحل هذه المشكلة يتم

زحزحة البند ذو المعدّل الأسرع عن طريق

$$t_f B = t_f A + \text{Duration of B}$$

و بالتالي يكون زمن بدء البند الثاني كالتالي

$$t_o B = t_f B - \frac{N-1}{R_B}$$

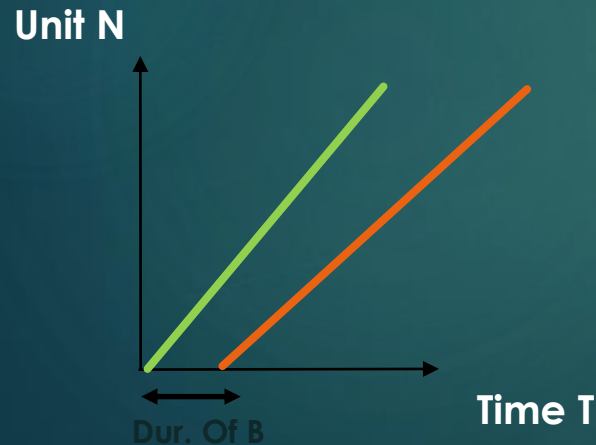
3- إذا كان هناك بندان مثلاً A & B و البند الأول مُعدّل أسرع من البند الثاني

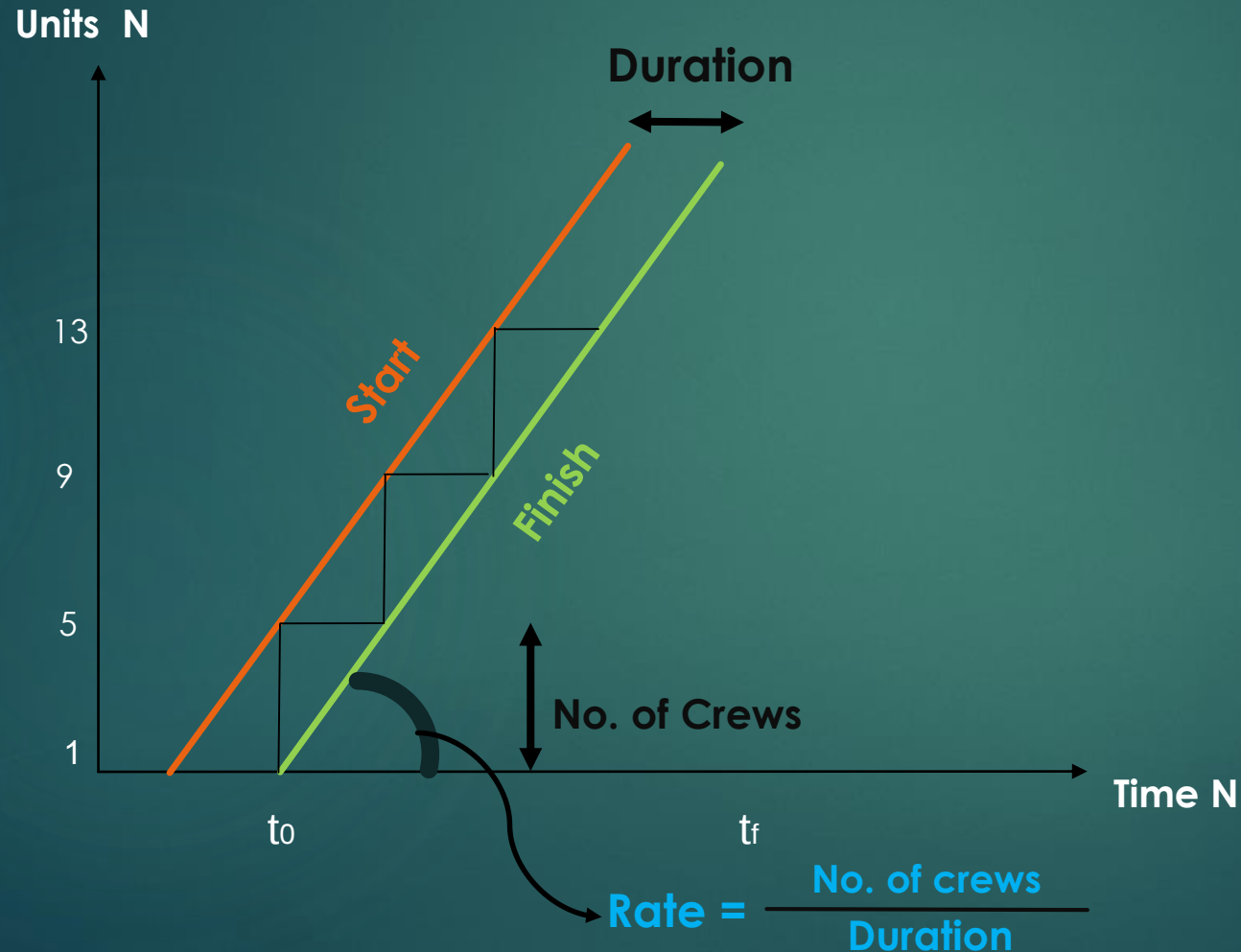
هنا تظهر مشكلة تلاقي البندين معاً عند وقت مُعيّن ، و لحل هذه المشكلة يتم

زحزحة البند ذو المعدّل الأقل و ذلك عن طريق المعادلة

$$t_o B = t_o A + \text{Duration of B}$$

و بالتالي يكون زمن انتهاء البند الثاني كالتالي

$$t_f B = t_o B + \frac{N-1}{R_B}$$




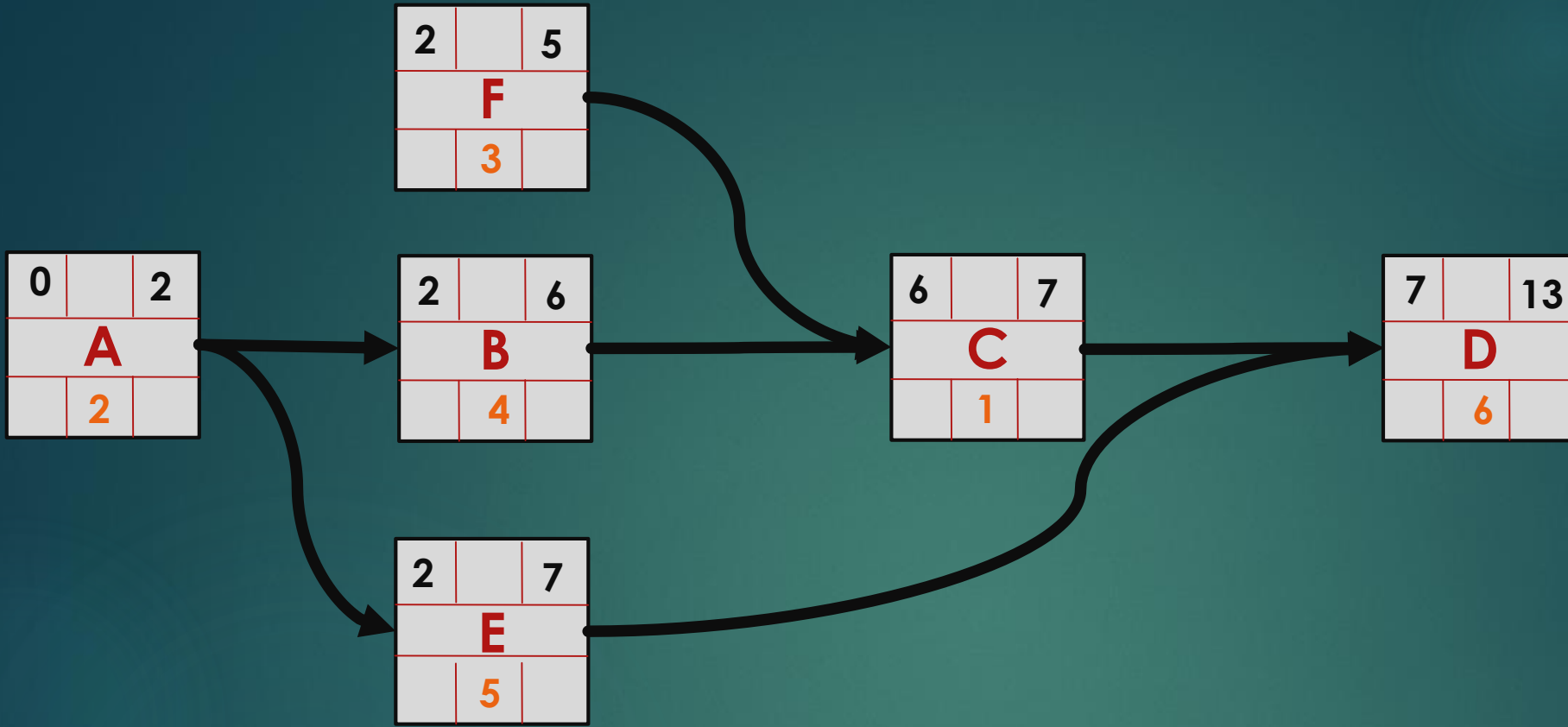
- ▶ الخط البرتقالي يُعبر عن زمن البداية لأي بند .
- ▶ الخط الأخضر يُعبر عن زمن النهاية لأي بند .

تم هنا استخدام 4 أطقم عمل في نفس الوقت تعمل في وحدات مُختلفة .

*الطقم الأول يُنتهي الوحدة الأولى ثم يتجه إلى الوحدة الخامسة مباشرة لأن هناك 3 أطقم أخرى تعمل في الواحدات الثانية و الثالثة و الرابعة في نفس الوقت الذي كان يعمل فيه الطقم الأول في الوحدة الأولى .
*و بالمثل عندما يُنتهي الطقم الثاني عمله في الوحدة الثانية يدخل في الوحدة السادسة مباشرة و هكذا .

Production rate :

هو انتقال أطقم العمل من وحدة لأخرى .



Activity	No. of crews	Prod. rate
A	4	2
B	12	3
C	3	3
D	6	1
E	15	3
F	6	2

► **For the shown network of 25 units for construction project :**

- 1- Draw the objective chart and calculate the project duration . **** Duration = No. of crews / Prod. rate**
- 2- Calculate the min. no. of crews for activity E So as the project is not delay .
- 3- The project manager during the project control at week 30 , act. D finished 10 units , What actions should be taken to correct this situation .
- 4- The Progress report at week 19 .

► 1- Draw the objective chart and calculate the project duration .

- يجب أولاً تحديد كلاً من t_o & t_f لكل بند ، لذلك سيتم تحديد ذلك لكل البنود بالترتيب من اليسار إلى اليمين و من أعلى للأسفل .
- سيتم مقارنة مُعدّل البنود التي تعتمد على بعضها لتحديد أي من الحالات الثلاث التي سيتم التوجه إليها من الحالات الثلاثة التي سبق شرحها

► Activity A :

$t_o = 2$ ► *هو أول بند ولا يعتمد على أي بند آخر .

$$t_f = 2 + \frac{N - 1}{R} = \frac{25 - 1}{2} = 14$$

► Activity F :

- *يعتمد هذا البند على البند A ، لذلك سيتم مقارنة مُعدّل البندين معاً فنجد أن المُعدلين متساوي لهما و هو 2 لذلك نستخدم قوانين الحالة الأولى .

$$t_o F = t_o A + \text{Dur. Of of F} = 2 + 3 = 5$$

$$t_f F = t_f A + \text{Dur. Of of F} = 14 + 3 = 17$$

► Activity B :

- يعتمد هذا البند على البند A ، لذلك سيتم مقارنة مُعدّل البندين معاً فنجد أن $R_B > R_A$ لذلك نستخدم قوانين الحالة الثانية .

$$t_f B = t_f A + \text{Dur. Of of B} = 14 + 4 = 18$$

$$t_o B = t_f B - \frac{N - 1}{R_B} = 18 - \frac{25 - 1}{3} = 10$$

► Activity E :

- يعتمد هذا البند على البند A ، لذلك سيتم مقارنة معدل البندين معًا فنجد أن $R_E > R_A$ لذلك نستخدم قوانين الحالة الثانية مثل البند B .

$$t_{fE} = t_{fA} + \text{Dur. Of of E} = 14 + 5 = 19$$

$$t_{0E} = t_{fE} - \frac{N-1}{R_E} = 19 - \frac{25-1}{3} = 11$$

► Activity C :

- يعتمد هذا البند على البندين B & F ، لذلك سيتم مقارنة معدل هذا البند مع البندين B & F فنجد أن :

$$R_C = R_B$$

$$t_{fC} = t_{fB} + \text{Dur. Of of C} = 18 + 1 = 19$$

$$t_{0C} = t_{fC} - \frac{N-1}{R_C} = 19 - \frac{25-1}{3} = 11$$

الأكبر

$$R_C > R_F$$

$$t_{fC} = t_{fF} + \text{Dur. Of of C} = 17 + 1 = 18$$

► Activity D :

- يعتمد هذا البند على البندين C & E ، لذلك سيتم مقارنة معدل هذا البند مع البندين C & E فنجد أن :

$$R_D < R_C$$

لذلك نستخدم قوانين الحالة الثالثة

$$R_D < R_E$$

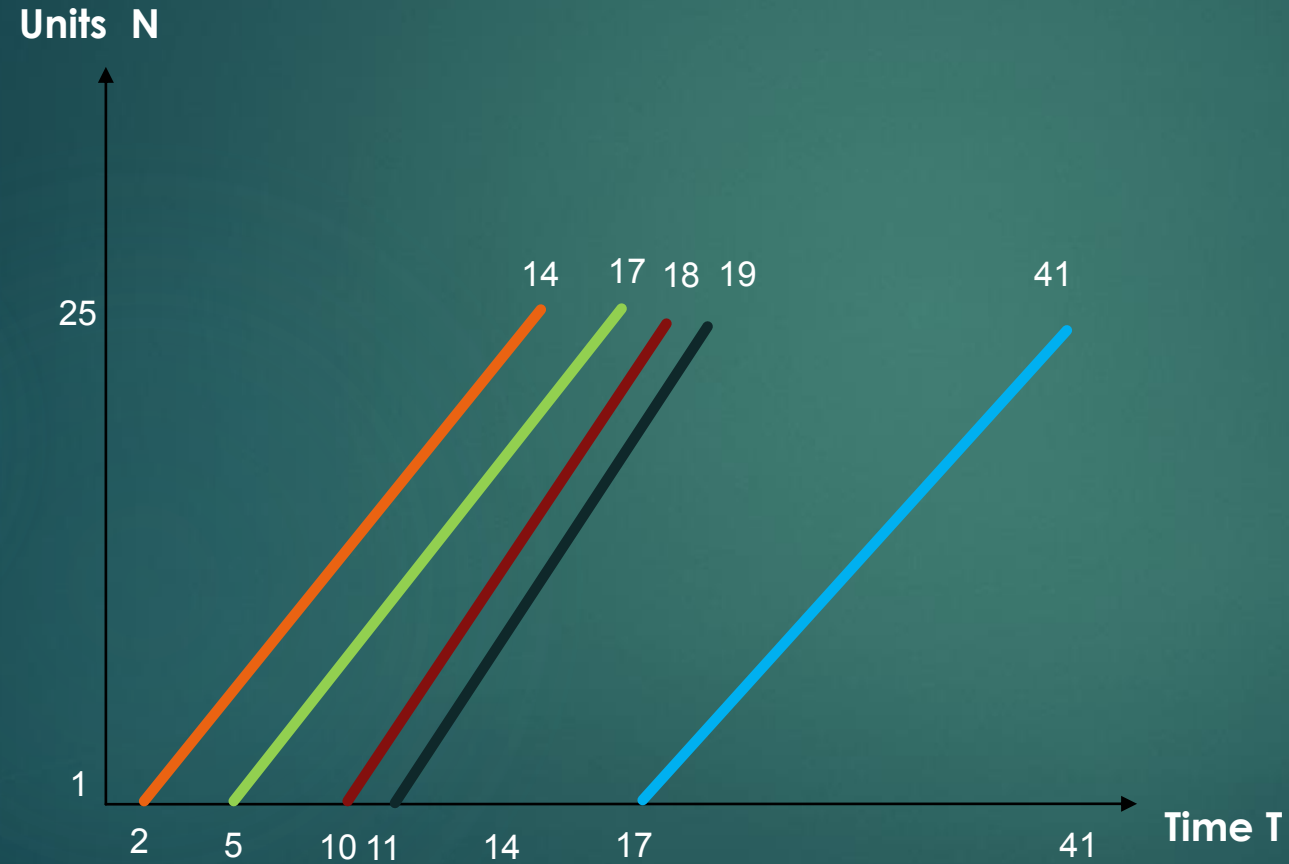
$$t_{0D} = t_{0C} + \text{Duration of D} = 11 + 6 = 17$$

$$t_{fD} = t_{0D} + \frac{N-1}{R_D} = 17 + \frac{25-1}{1} = 41$$

$$t_{0D} = t_{0E} + \text{Duration of D} = 11 + 6 = 17$$

$$t_{fD} = t_{0D} + \frac{N-1}{R_D} = 17 + \frac{25-1}{1} = 41$$

الآن يُمكن رسم **Objective chart** و تحديد زمن المشروع و هو 41 أسبوع و هو زمن انتهاء آخر بند .
من المُمكن جمع ما تم حسابه من **t_o & t_f** في جدول كالآتي :



Act.	Color	t_o	t_f
A	—	2	14
B	—	10	18
C	—	11	19
D	—	17	41
E	—	11	19
F	—	5	17

**Project duration
41 week**

► 2- Calculate the min. no. of crews for activity E So as the project is not delay .

76

مطلوب تقليل عدد الأطقم التي تعمل في البند E قدر الإمكان بشرط ألا يؤثر ذلك في زمن المشروع .

- و يتم ذلك عن طريق تقليل مُعدّل تنفيذ البند قدر الإمكان بحيث ينتهي بعد أطول فترة مُمكنة و بالتالي يكون عدد أطقم العمل أقل ما يُمكن ، لكن نأخذ في الاعتبار البنود التي تعتمد على هذا البند هو البند D و التي يتأخّر إذا تأخر البند E مما يؤدي لتأخير المشروع ، و كذلك يجب الأخذ في الاعتبار البند A لأن البند E لن يبدأ إلا إذا انتهى البند A ، لذلك سيتم تعيين أقل مُعدّل مُمكن لتنفيذ البند من التالي ...

$$\text{Min } t_{0E} = \text{Duration of Activity A \& E} = 2 + 5 = 7$$

و بالتالي بدأ هنا تنفيذ هذا البند في الوحدات في أقرب وقت مُمكن و هو بعد 7 أسابيع فقط بدلاً من 11 أسبوع .

$$\text{Max } t_{fE} = t_{fD} - \text{Duration of Activity D} = 41 - 6 = 35$$

و بالتالي هنا تم الانتهاء من تنفيذ هذا البند في الوحدات في أطول وقت مُمكن و هو بعد 35 أسبوع بدلاً من 19 أسبوع .

- مما سبق نجد أنه تم مدّ فترة تنفيذ هذا البند قدر الإمكان دون أن يؤثر هذا على البنود الأخرى و بالتالي لم يؤثر على زمن المشروع ، و في مُقابل طول فترة التنفيذ سيقُل بالتالي عدد الأطقم التي تعمل في هذا البند لأن ضغط العمل قد قلّ بزيادة فترة العمل .

$$\text{So } R_{\text{Min E}} = \frac{N - 1}{t_f - t_0} = \frac{25 - 1}{35 - 7} = \frac{24}{28} \Rightarrow \text{Min no. of crews for act. E} = \frac{24}{28} * 5 = 5$$

Duration of Act. E

- ▶ 3- The project manager during the project control at week 30, activity D
- ▶ finished 10 units , What actions should be taken to correct this situation .

▶ عند الأسبوع الـ 30 قام مدير المشروع بفحص عدد الوحدات التي تم فيها تنفيذ البند D فوجد أنه تمّ تنفيذ هذا البند في 10 وحدات فقط ، فما المطلوب تعديله في الفترة القادمة حتى لا يتأخر زمن المشروع ؟

▶ نحتاج إلى زيادة عدد أطقم العمل لتعويض التأخير الذي حدث ، فكان من المفترض حسب التخطيط أن يتم تنفيذ هذا البند في عدد وحدات كالآتي :

عدد الوحدات التي من المفترض أن يتم تنفيذها عند الأسبوع الـ 30

$$\text{Rate of Act. D} = 1 = \frac{X - 1}{t_f - t_0} = \frac{X - 1}{30 - 17} , \text{ So } X = 14$$

عند الأسبوع الـ 30

كان من المفترض أن يتم إنهاء البند D في 14 وحدة ، لكن ما تم تنفيذه فعلياً هو 10 وحدات فقط لذلك سنحتاج إلى زيادة معدل العمل خلال الفترة القادمة حتى نعوّض هذا التأخير

عدد الوحدات التي لم يتم فيها تنفيذ البند D حتى الآن

$$\text{New Rate of Act. D} = 1 = \frac{25 - 10}{t_f - t_0} = \frac{15}{41 - 30} = \frac{15}{11}$$

عند الأسبوع الـ 41 زمن إنهاء المشروع دون تأخير .

$$\therefore \text{New no. of crews} = \text{New rate of act. D} * \text{Duration of act. D} = \frac{15}{11} * 6 = 9$$

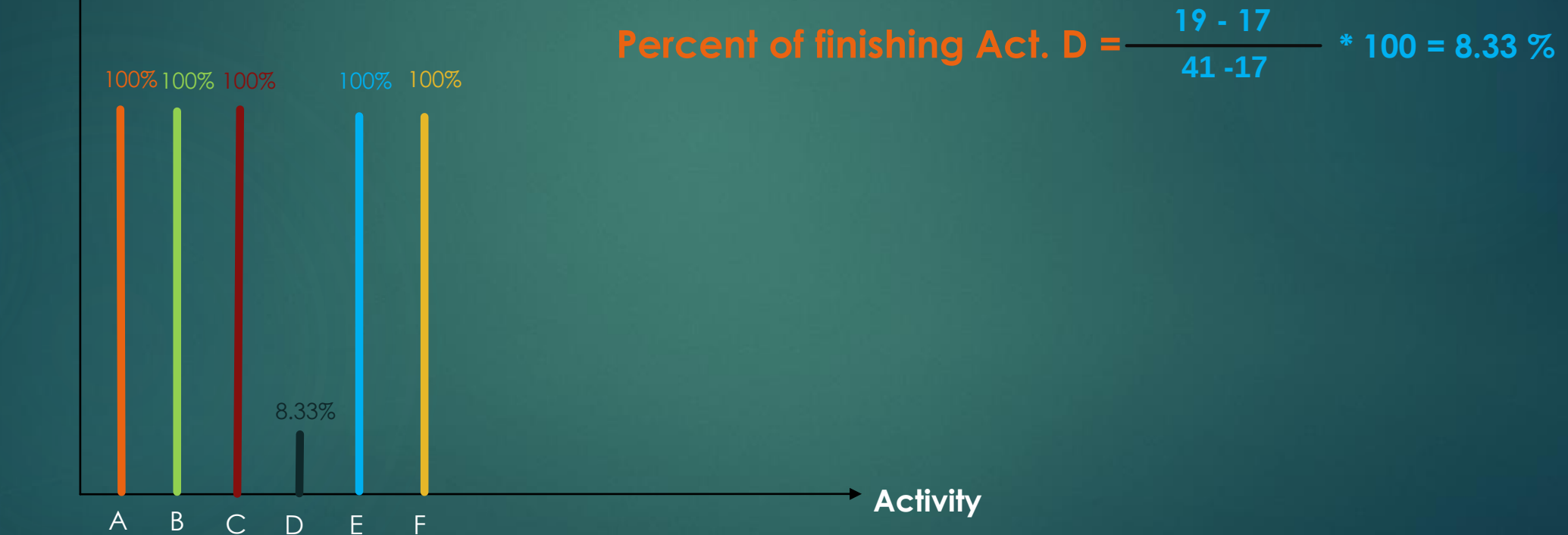
*** تم زيادة عدد أطقم العمالة إلى 9 أطقم بدلاً من 6 و بالتالي لم يتأخر المشروع .

► 4- The Progress report at week 19 .

78

مطلوب عمل تقرير عن كل بند ، و يشمل هذا التقرير نسبة تنفيذ البند في الوحدات المطلوب إنشائها و هي 25 وحدة و ذلك بالنسبة المئوية لكل بند و ذلك عند الأسبوع التاسع عشر .

يُلاحظ أنه عند الأسبوع الـ 19 كل البنود تم تنفيذها في كل الوحدات ما عدا البند بدأ و لكنه لم ينتهي بعد ، و يُمكن حساب النسبة المئوية لما تم إنجازه من هذا البند في الوحدات كالتالي ..



► **

هو آخر شئ نقوم به لإدارة المشروع بطريقة صحيحة ** آخر عناصر

عندما يُنهي المُقاول عمله في جزء من المشروع يُرسل إلى الإستشاري الذي بدوره يُرسل مُهندس و يقول بعمل ثلاثة أشياء .

1- Quality control :

يتم عمل فحص للعمل الذي تم تنفيذه بالموقع و أقرنه بالموصفات .

2- Progress control :

يتم عمل فحص للعمل الذي تم تنفيذه بالموقع و أقرنه بالبرنامج الزمني للمشروع .

3- Cost control :

يتم عمل فحص للعمل الذي تم تنفيذه بالموقع و مقارنة التكلفة الفعلية مع التكلفة المُتوقعة .

► ** من المُمكن عند تاريخ مُعيّن نجد أن التكلفة أقل من المُخطط لها أي هناك توفير مادي ، لكن ليس شرطاً أن يكون قد وفرّ جزء من التكلفة و حقق المواصفات و الجودة المطلوبة ، هنا قد يكون وفرّ في المال على حساب الجودة .

► يجب معرفة المفاهيم التالية و التفريق بينها ...

► 1- Work scheduling (W.S) :

هو ما تم التخطيط عليه ، فمثلاً حسب التخطيط من المفترض إنجاز 30 وحدة .

► 2- Work performing (W.P) :

هو ما تم إنجازه بالفعل في الموقع ، فمثلاً تم إنجازة 20 وحدة و بالتالي يكون بهذا الشكل هناك تأخير بمقدار 10 وحدات .

► 3- Budget cost (B.C) :

هي المصاريف التي من المتوقع دفعها و التي تم التخطيط على أساسها ، فمثلاً التكلفة \$ 1000 .

► 4- Actual cost (A.C) :

هي المصاريف الفعلية التي تم دفعها ، فمثلاً تم دفع \$ 1200 و بالتالي يكون هناك تكلفة أكبر من المخطط لها بمقدار \$ 200 .

► **Budget cost for work scheduling (B.C.W.S) :**

$$B.C.W.S = 1000 \$ * 30 = 30,000 \$$$

هي التكلفة المُتوقع دفعها للعمل المُخطَّط له

► **Budget cost for work performed (B.C.W.P) :**

$$B.C.W.P = 1000 \$ * 20 = 20,000 \$$$

► هي التكلفة لما تم إنجازُه في الموقع .

$$\therefore \text{Time variance} = B.C.W.P - B.C.W.S = 20,000 \$ - 30,000 = - 10,000 \$$$

أي أن هناك انحراف في العمل و ليس انحرافاً في المصروفات

If the value is ...	Case
-ve	Delay
+ve	Progress (A Head of scheduled)
0	According to scheduling

► **Actual cost for work performed (B.C.W.P) :**

A.C.W.P = 1200 \$ * 20 = 24,000 \$ ► هي المصروفات التي تم دفعها للأعمال التي تمت بالموقع بالفعل .

► **Budget cost for work performed (B.C.W.P) :**

B.C.W.P = 1000 \$ * 20 = 20,000 \$ ► هي التكلفة لما تم إنجازه في الموقع .

$$\therefore \text{Cost variance} = \text{B.C.W.P} - \text{A.C.W.P} = 20,000 \$ - 24,000 = - 4,000 \$$$

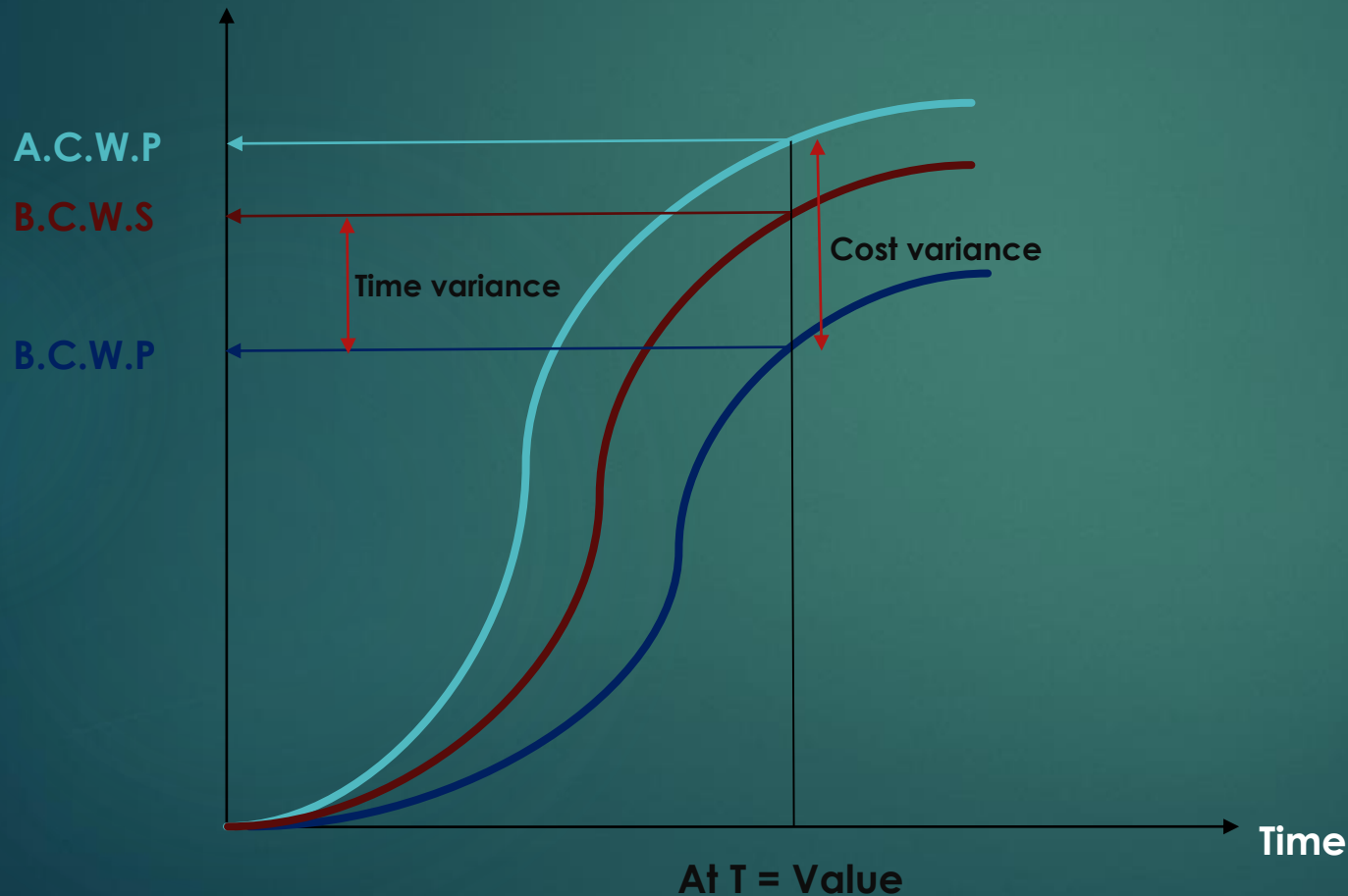
أي أن هناك انحراف في المصروفات و ليس انحرافاً في العمل

If the value is ...	Case
-ve	Over - run
+ve	Under - run
0	In balance

الحالة الأسوأ على الإطلاق أن تكون القيمتين معاً
-ve
فهذا معناه تأخر في التنفيذ و المصروفات زيادة

** إذا استمر المشروع لمدة سنتين مثلاً و يتم عمل هذا الفحص للعمل كل أسبوعين و بالتالي يُمكن حل أي مُشكلة سريعاً دون أن تستمر في باقي زمن المشروع .

يُمكن توضيح العلاقات السابقة كالآتي ...



$$T = T_o \left(\frac{B.C.W.S}{B.C.W.P} \right)$$

If	Case
$B.C.W.S > B.C.W.P$	ينتهي المشروع مُبكرًا
$B.C.W.S < B.C.W.P$	ينتهي المشروع مُتأخرًا
$B.C.W.S = B.C.W.P$	ينتهي المشروع بالوقت المخطط له

► ***If $T > T_o$

معناه أن المشروع ستيأخر و بالتالي يتم عمل غرامة تأخير على المقاول نتيجة هذا التأخير كالتالي .

$$C_f = P (T - T_o) + C$$

► ***If $T > T_o$

معناه أن المشروع سينتهي مُبكرًا و بالتالي يتم إعطاء مُكافأة للمقاول كالتالي .

$$C_f = C - b (T_o - T)$$

$$C = C_o \left(\frac{A.C.W.P}{B.C.W.P} \right)$$

If	Case
$A.C.W.P > B.C.W.P$	تزداد التكلفة
$A.C.W.P < B.C.W.P$	ينتهي المشروع مُتأخرًا
$A.C.W.P = B.C.W.P$	تكون التكلفة كما كان مُخطط لها

- ▶ **Example 1 :**
- ▶ **For the shown table , project duration = 20 weeks & Estimated project**
- ▶ **Cost is 10,000 \$**

cost \	1	2	3	4	5	6
B.C.W.S	3,000	1,400	1,500	1,500	1,800	2,000
B.C.W.P	2,500	2,000	1,000	1,200	2,000	2,500
A.C.W.P	2,000	1,600	1,450	1,800	1,500	3,000

- ▶ **Required :**
- ▶ 1- For each case, what is the project duration (T) & final cost estimated at completion (c) .
- ▶ 2-If there`s a bonus of 100 \$ per week for early condition & penalty 200 \$ per week for late completion , what is the worst & best project situations .

► يُمكن حل المثال في جدول كالآتي :

Case	T	C	$C_f = C - b(T_o - T)$	$C_f = C + P(T - T_o)$
1	24	8,000	-	8,800
2	14	8,000	7,400	-
3	30	14,500	-	16,500
4	25	15,000	-	16,000
5	18	7,500	7,300	-
6	16	12,000	11,600	-

That :

$$T = T_o \left(\frac{B.C.W.S}{B.C.W.P} \right)$$

$$C_f = C - b(T_o - T) \quad \text{in case of bonus}$$

$$C = C_o \left(\frac{A.C.W.P}{B.C.W.P} \right)$$

$$C_f = C + P(T - T_o) \quad \text{in case of penalty}$$

► **Example 2 :**

Activity		Duration values	Total cost per act.
A	0-1	4	2,000
B	0-2	5	1,500
C	0-3	1	600
D	1-5	5	1,000
E	2-4	2	1,200
F	2-5	3	2,400
G	3-5	8	3,200
H	4-6	10	3,000
I	5-6	3	600
J	6-7	5	500

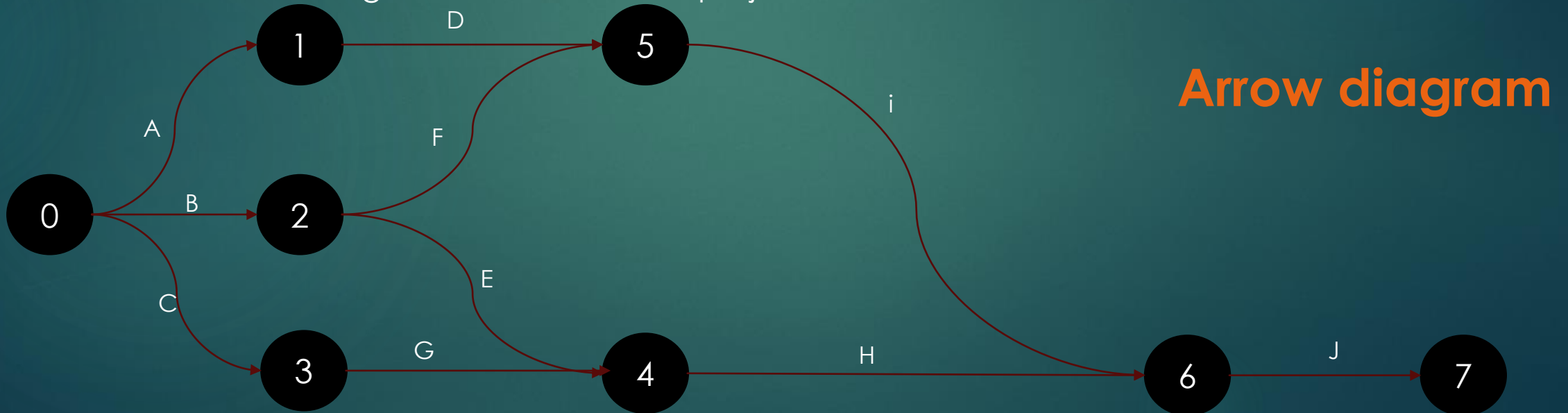
► **required :**

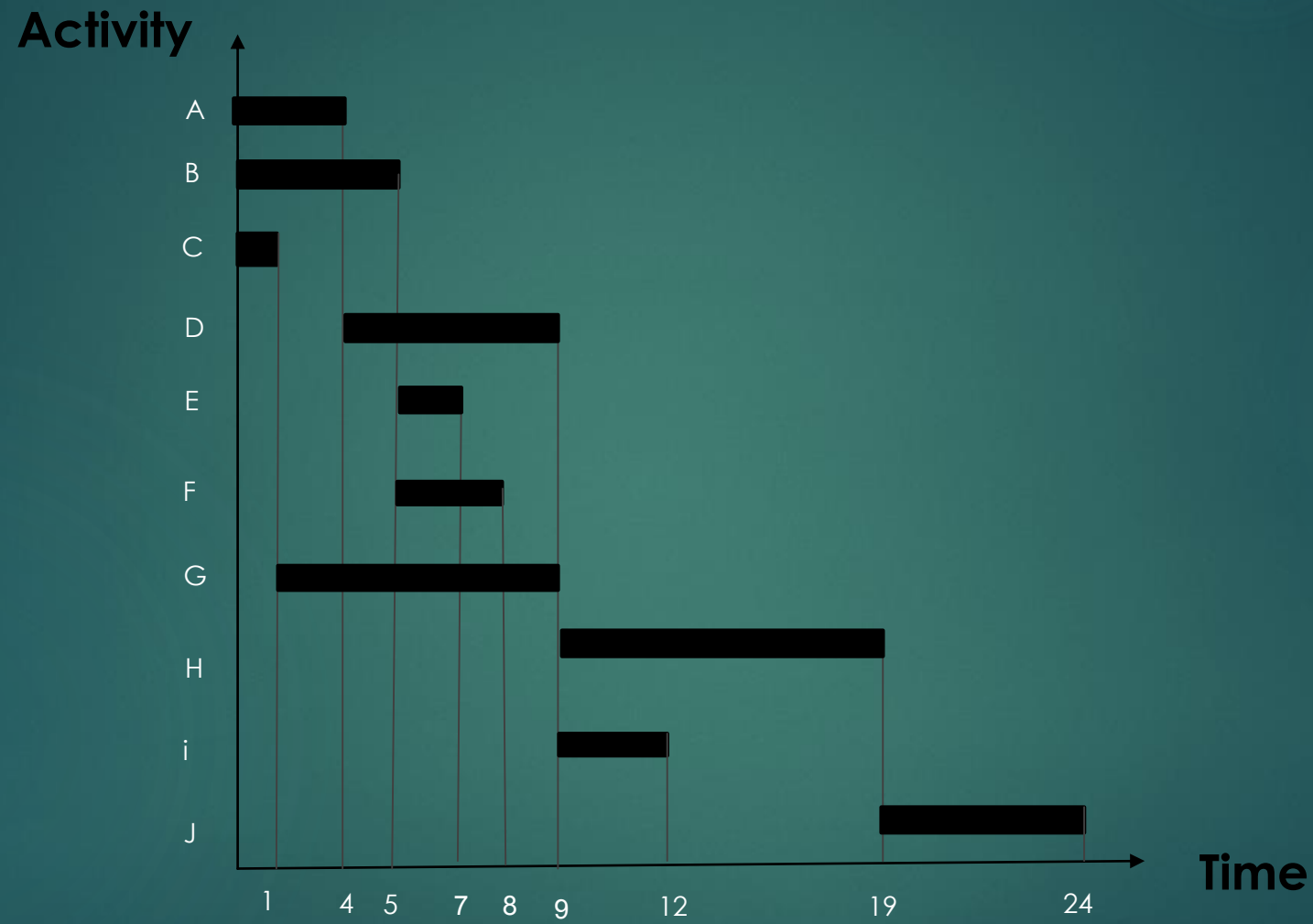
- 1- Draw the bar chart diagram & calculate the project duration .
- 2- Draw the cash flow diagram .

- ▶ 3- The project has been worked 9 weeks during this time 10,000 \$ has been charged (Actual cost) for work performed , using the S-Curve (cash flow) Give your comment on the project situation at that time .
- ▶ 4- Predict the level of the expense & the project duration at week 9 according to the following values :
- ▶ *B.C.W.P = 11,900 Or B.C.W.P = 10,000 Or B.C.W.P = 11,000

▶ Solution :

- ▶ 1- Draw the bar chart diagram & calculate the project duration .

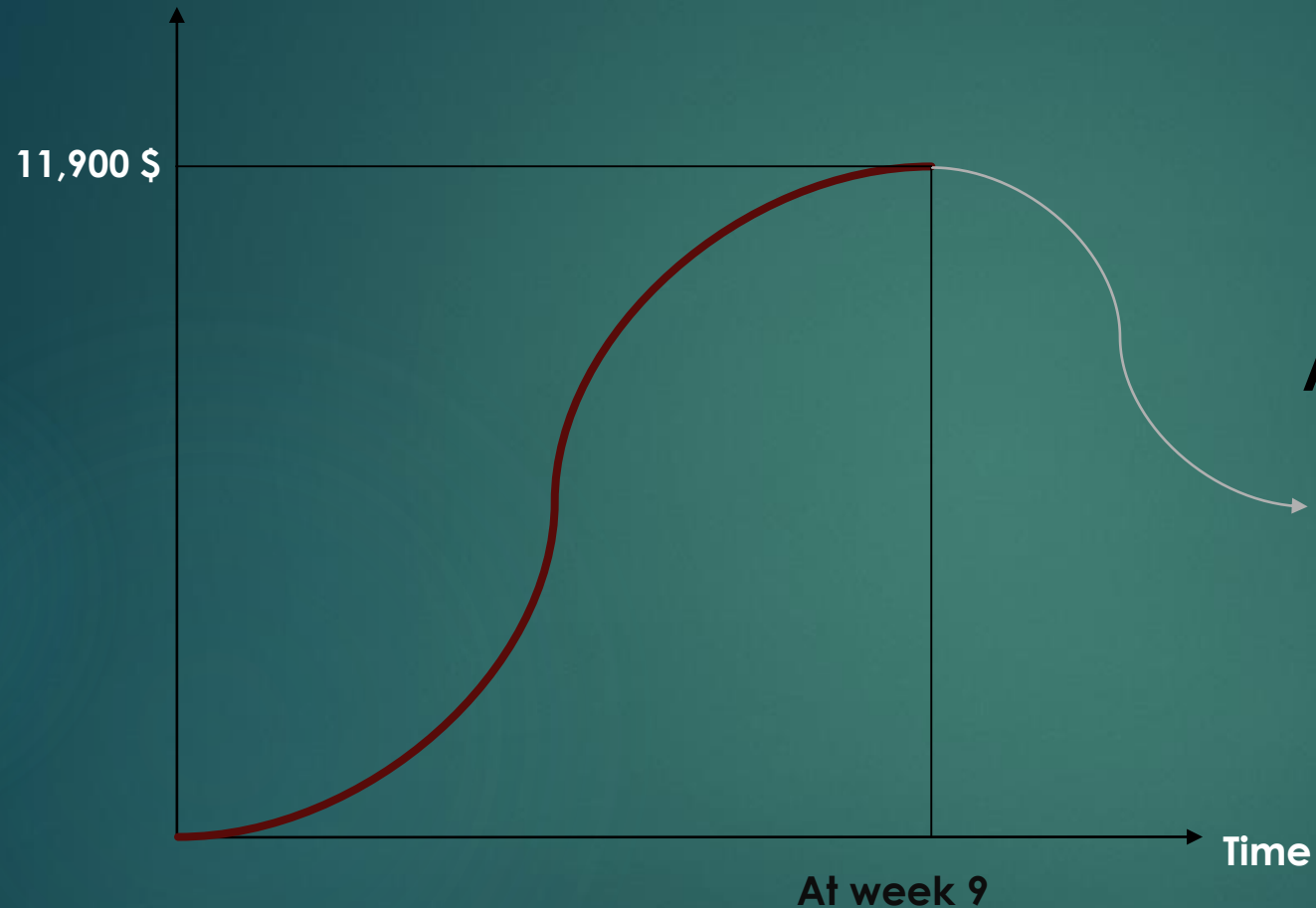




Bar chart

- 2- Draw the cash flow diagram .

90



A.C.W.P = 10,000 \$ (Given) .

**B.C.W.S = $500*4 + 400*5 + 600*1 + 200*5$
 $+ 600*2 + 800*3 + 400*8 = 11,900\$$**

- ▶ 3- The project has been worked 9 weeks during this time 10,000 \$ has been charged
- ▶ (Actual cost) for work performed , using the S-Curve (cash flow) Give your comment
- ▶ on the project situation at that time .

- ▶ **A- At B.C.W.P = 11,900 \$**

- ▶ Time variance = $B.C.W.P - B.C.W.S = 11,900 - 11,900 = \text{Zero}$ (According to scheduling)
- ▶ Cost variance = $B.C.W.P - A.C.W.P = 11,900 - 10,000 = + 1,900 \$$ (Under-run)

- ▶ **B- At B.C.W.P = 10,000 \$**

- ▶ Time variance = $B.C.W.P - B.C.W.S = 10,000 - 11,900 = -1,900 \$$ (Delay)
- ▶ Cost variance = $B.C.W.P - A.C.W.P = 10,000 - 10,000 = \text{Zero}$ (Balanced)

- ▶ **C- At B.C.W.P = 11,000 \$**

- ▶ Time variance = $B.C.W.P - B.C.W.S = 11,000 - 11,900 = -900 \$$ (Delay)
- ▶ Cost variance = $B.C.W.P - A.C.W.P = 11,000 - 10,000 = +1,000 \$$ (Under-run)

- ▶ 4- Predict the level of the expense & the project duration at week 9 according to the
- ▶ Following values :
- ▶ *B.C.W.P = 11,900 Or B.C.W.P = 10,000 Or B.C.W.P = 11,000

▶ $T_o = 24$ Weeks & $C_o = 16,000$ \$

▶ **A- At B.C.W.P = 11,900 \$**

▶ $T = T_o \left(\frac{B.C.W.S}{B.C.W.P} \right)$

▶

▶ $= 24 \left(\frac{11,900}{11,900} \right) = 24$ Weeks

▶

▶ **B- At B.C.W.P = 10,000 \$**

▶ $T = 24 \left(\frac{11,900}{10,000} \right) = 28.56$ Weeks

▶ **C- At B.C.W.P = 11,000 \$**

▶ $T = 24 \left(\frac{11,900}{11,000} \right) = 25.96$ Weeks

$$C = C_o \left(\frac{A.C.W.P}{B.C.W.P} \right)$$

$$= 16,000 \left(\frac{10,000}{11,900} \right) = 13,445\$$$

$$C = 16,000 \left(\frac{10,000}{10,000} \right) = 16,000\$$$

$$C = 16,000 \left(\frac{10,000}{11,000} \right) = 14,545\$$$